

**Tata cara pelaksanaan program uji
antarlaboratorium untuk menentukan presisi
metode uji bahan konstruksi**

***Standard practice for conducting an
interlaboratory test program to determine the
precision of test methods for construction
materials***

(ASTM C802-09a, IDT)



© ASTM 2009 – All rights reserved

© BSN 2014 untuk kepentingan adopsi standar © ASTM menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	iii
Pendahuluan.....	iv
1. Ruang lingkup.....	1
2. Dokumen referensi	1
3. Signifikansi dan penggunaan.....	2
4. Laboratorium-laboratorium	4
5. Bahan-bahan	6
6. Estimasi presisi.....	6
7. Koleksi data	7
8. Analisis data	14
Gambar X1.1 Varians vs laboratorium untuk bahan A	47
Gambar X1.2 Varians vs laboratorium untuk bahan B	48
Gambar X1.3 Varians vs laboratorium untuk bahan C	49
Gambar X1.4 Varians vs laboratorium untuk bahan D	50
Gambar X1.5 Varians vs laboratorium untuk bahan E	51
Gambar X1.6 Kekuatan rata-rata vs bahan	53
Gambar X1.7 Simpangan baku vs. kekuatan rata-rata.....	55
Gambar X1.8 Koefisien variasi vs. kekuatan rata-rata	56
Tabel 1 Lembar data program uji antar laboratorium untuk Metode uji ASTM	10
Tabel 2 Ringkasan lembar data program uji antar laboratorium untuk Metode uji ASTM ...	11
Tabel 3 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan A ^A	16
Tabel 4 Nilai perkiraan (diatas 5 %) untuk rasio varians terbesar terhadap jumlah varians	18
Tabel 5 Nilai perkiraan (diatas level 5 %) untuk rasio tertinggi terhadap varians terendah .	19
Tabel 6 Rata-rata, komponen varians dan varians untuk semua bahan	21
Tabel 7 Rata-rata, deviasi standar dan koefisien variasi untuk semua bahan	22
Tabel X1.1 Contoh lembar data untuk uji antar laboratorium untuk	28
kekuatan tekan kubus mortar 50,8 x 50,8 mm (2 x 2 in.) pada umur 3 hari	28
Tabel X1.2 Lembar ringkasan data program uji antar laboratorium untuk.....	31
kekuatan tekan kubus mortar 50,8 x 50,8 mm (2 x 2 in.) pada umur 3 hari	31
Tabel X1.3 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan A ^{A,B}	33
Tabel X1.4 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan B ^A	35

Tabel X1.5	Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan C ^A	37
Tabel X1.6	Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan D ^A	39
Tabel X1.7	Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan E ^A	41
Tabel X1.8	Rata-rata, komponen varians dan varians untuk semua bahan	42
Tabel X1.9	Rata-rata, simpangan baku dan koefisien variasi untuk semua bahan	54
Tabel X1.10	Lembaran-kerja untuk bahan A	45



Prakata

Standar tentang Tata cara pelaksanaan program uji antar laboratorium untuk menentukan presisi metode uji bahan konstruksi merupakan adopsi identik dari ASTM C802, *Standard practice for conducting an interlaboratory test program to determine the precision of test method for construction materials* yang digunakan dalam teknik untuk merencanakan, melaksanakan, dan menganalisis hasil-hasil studi suatu metode uji antar laboratorium, sehingga pada pelaksanaannya di lapangan mencapai kualitas yang tepat mutu.

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini dipersiapkan oleh Panitia Teknik 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Subpanitia Teknis 91-01-S4 Bahan, Sain, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti PSN 10:2012 dan telah dibahas dalam forum rapat konsensus pada tanggal 5 Juli 2013 di Bandung. Forum rapat konsensus ini dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, asosiasi, lembaga penelitian, perguruan tinggi dan instansi pemerintah terkait



Pendahuluan

Standar ini mencakup teknik untuk merencanakan, melaksanakan, dan menganalisis hasil-hasil penerapan suatu metode uji bahan konstruksi oleh sejumlah laboratorium. Prosedur yang direkomendasikan tujuannya terbatas untuk memberikan informasi terpercaya sebagai dasar penentuan presisi sebuah metode uji yang telah dikembangkan di suatu laboratorium atau dengan kerjasama beberapa laboratorium yang kompeten.

Tidak perlu semua kriteria harus dipenuhi pada setiap kasus; meskipun demikian, jika kondisi dipenuhi secara tidak lengkap, program kerja akan menjadi lebih rumit dan memerlukan lebih banyak waktu dan biaya, atau dapat menghasilkan informasi yang tidak dapat diperbandingkan. Rekomendasi dalam standar ini dimaksudkan agar metode uji bebas dari kesulitan teknis semaksimal mungkin sebelum dilaksanakannya suatu studi antar laboratorium yang mahal dan memakan banyak waktu. Kondisi-kondisi yang mempengaruhi hasil uji harus diidentifikasi dan derajat pengendalian yang tepat dari kondisi-kondisi tersebut kemudian harus ditulis dalam prosedur uji.

Standar ini kurang tepat digunakan pada program yang tujuannya untuk mengembangkan suatu metode uji atau untuk menilai keunggulan relatif dari dua atau lebih metode uji.



Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Test Program to Determine the Precision of Test Methods for Construction Materials

Tata cara pelaksanaan program uji antarlaboratorium untuk menentukan presisi metode uji bahan konstruksi

1. Scope

1.1 This practice describes techniques for planning, conducting, and analyzing the results of an interlaboratory study of a test method. It is designed to be used in conjunction with Practice C670. Thus, the procedures recommended in this practice have the limited purpose of providing reliable information on which precision statements of the type described in Practice C670 can be based. It is not appropriate for use in programs whose purpose is to develop a test method or to assess the relative merits of two or more test methods.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as standard. The values given in parentheses are mathematical conversions to SI units that are provided for information only and are not considered standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C109/C109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

C136 Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C1067 Practice for Conducting A Ruggedness or Screening Program for Test Methods for Construction Materials

E105 Practice for Probability Sampling Of Materials

1. Ruang lingkup

1.1 Tata cara ini mencakup teknik untuk merencanakan, melaksanakan, dan menganalisis hasil-hasil studi suatu metode uji antar laboratorium. Standar ini dirancang untuk digunakan bersama dengan ASTM C670. Karena itu, prosedur yang direkomendasikan pada standar ini tujuannya terbatas untuk memberikan informasi yang dapat dipercaya sebagai dasar penentuan presisi sesuai ASTM C670. Standar ini kurang tepat digunakan pada program yang tujuannya untuk mengembangkan suatu metode uji atau untuk menilai keunggulan relatif dari dua atau lebih metode uji.

1.2 Nilai-nilai dalam satuan SI dianggap sebagai standar. Nilai-nilai dalam kurung adalah konversi ke satuan inch-pound yang diberikan sebagai informasi saja dan tidak dianggap sebagai standar.

2. Dokumen referensi

2.1 Standar ASTM:

ASTM C109/C109M, *Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)*.

ASTM C136, *Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.

ASTM C670, *Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials*.

ASTM C1067, *Practice for Conducting A Ruggedness or Screening Program for Test Methods for Construction Materials*.

ASTM E105, *Practice for Probability Sampling of Materials*.

E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in

ASTM E177, *Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods*.

2.2 ASTM Test Methods

2.2 Metode uji ASTM

E178 Practice for Dealing With Outlying Observations

ASTM E178, *Practice for Dealing with Outlying Observations*.

3. Significance and Use

3. Signifikansi dan penggunaan

3.1 Certain criteria need to be met before undertaking an interlaboratory study to determine the precision of a test method. It is not necessary that all of the following conditions described be completely fulfilled in every case; however, if some conditions are not met or are met incompletely, the program will become more complicated and require more work and expense, or may result in impaired information. The recommendations outlined in this section are intended to ensure that the test method is free of technical difficulties to the greatest extent possible before an expensive and timeconsuming interlaboratory study is undertaken.

3.1 Kriteria tertentu harus dipenuhi sebelum pelaksanaan suatu studi antar laboratorium untuk menentukan presisi sebuah metode uji. Tidak perlu semua kondisi berikut harus dipenuhi pada setiap kasus; meskipun demikian, jika beberapa kondisi tidak dipenuhi atau dipenuhi secara tidak lengkap, program akan menjadi lebih rumit dan memerlukan lebih banyak waktu dan biaya, atau dapat menghasilkan informasi yang tidak dapat diperbandingkan. Rekomendasi yang diuraikan pada bagian ini dimaksudkan untuk memastikan supaya metode uji bebas dari kesulitan teknis semaksimal mungkin sebelum melaksanakan studi antar laboratorium yang mahal dan memakan banyak waktu.

3.1.1 The first requirement is the existence of a valid and well-written test method that has been developed in one competent laboratory (or by cooperative work in a small number of laboratories), and has been subjected to a screening procedure, or to ruggedness testing as described in Practice C1067. As a result of the screening procedure and some experience with the test method in the sponsoring laboratory and one or two others, a written version of the test method has been developed (but not necessarily published as a standard method) that describes the test procedure in terms that can easily be followed in any properly equipped laboratory. Conditions that affect the test results should be identified and the proper degree of control of those conditions should be specified in the description of the test procedure (see Note 1).

3.1.1 Syarat pertama adalah adanya metode uji yang valid dan ditulis dengan baik yang telah dikembangkan di suatu laboratorium yang kompeten (atau dengan kerjasama beberapa laboratorium), dan telah melalui prosedur skrining, atau pengujian kekasaran sesuai ASTM C1067. Sebagai hasil prosedur skrining dan beberapa pengalaman dengan metode uji tersebut di laboratorium sponsor dan satu atau dua laboratorium lain, sebuah versi tertulis dari metode uji tersebut telah dikembangkan (tetapi tidak harus telah dipublikasikan sebagai sebuah metode uji standar) yang menguraikan prosedur uji dalam istilah-istilah yang mudah diikuti di laboratorium yang peralatannya baik. Kondisi-kondisi yang mempengaruhi hasil uji harus diidentifikasi dan derajat pengendalian yang tepat dari kondisi-kondisi tersebut harus ditentukan dalam uraian prosedur uji (Lihat Catatan 1).

NOTE 1—The desired degree of control of conditions that affect test results may not always be practically achievable, and tolerances in the test method should recognize this fact. Variations in test results due to variations in such conditions

CATATAN 1 – Tingkat pengendalian kondisi yang diinginkan yang mempengaruhi hasil uji kemungkinan tidak selalu dicapai secara praktis, dan toleransi pada metode uji harus menunjukkan fakta ini. Variasi pada hasil uji akibat variasi kondisi

contribute to the total variation which determines the precision of the test method. If the resulting variation is so great that uncertainties in average values obtained by the test method are unacceptably high, then the test method itself is at fault, and efforts should be made to improve it or to replace it by a better one. An expensive and time-consuming interlaboratory study should not be undertaken on such a test method.

3.1.2 Any apparatus required for performing the test should be appropriately designed and available at reasonable cost.

3.1.3 Personnel in participating laboratories should have enough experience with the test method so that they are competent to run the test. The importance of this requirement will vary with the complexity of the method and the degree to which it departs from familiar procedures.

3.1.4 Preliminary knowledge should exist about how changes in materials and conditions affect the test results. There should be a reasonable degree of certainty that the within-laboratory variances are the same in different laboratories, and that troublesome interactions do not exist. These conditions are investigated in the analysis of the data of an interlaboratory study, and are discussed further in 8.2.2, 8.2.3, and Appendix X1.

3.1.5 Facilities and procedures for procurement, preparation, and distribution of samples must be available and should be as simple and free of difficulties as practicable.

3.1.6 Selection of samples must be done by a randomization process, and one person who is familiar with randomization procedures should be responsible for seeing that the procedure is carried out. Refer to Recommended Practice E105.

3.1.7 Adequate numbers of participating laboratories, operators, and materials must be available. Requirements in these areas are specified in Sections 4 and 5.

3.1.8 The entire interlaboratory test program should be developed from the beginning with the help and advice of persons familiar with

berkontribusi pada total variasi yang menentukan presisi metode uji. Jika variasi yang dihasilkan sangat besar sehingga ketidakpastian nilai rata-rata yang diperoleh dengan metode uji itu terlampaui tinggi, maka metode uji itu sendiri keliru, dan harus dilakukan upaya untuk memperbaiki atau menggantinya dengan metode uji yang lebih baik. Sebuah studi antar laboratorium yang mahal dan memakan banyak waktu tidak boleh dilaksanakan dengan metode uji semacam itu.

3.1.2 Setiap peralatan yang dibutuhkan untuk melaksanakan pengujian harus dirancang dengan tepat dan tersedia dengan biaya yang wajar.

3.1.3 Personil di laboratorium partisipan harus memiliki pengalaman yang cukup dengan metode uji tersebut sehingga mereka kompeten untuk melaksanakan pengujian. Pentingnya persyaratan ini bervariasi sesuai kompleksitas metode dan derajat penyimpangannya dari prosedur telah dikenal baik.

3.1.4 Harus ada pengetahuan awal mengenai bagaimana perubahan pada bahan dan kondisi mempengaruhi hasil-hasil uji. Harus ada tingkat kepastian yang wajar bahwa varians dalam-laboratorium adalah sama di laboratorium yang berbeda, dan bahwa tidak ada interaksi yang merepotkan. Kondisi ini diselidiki pada analisis data studi antar laboratorium, dan didiskusikan lebih lanjut dalam 8.2.2, 8.2.3 dan Lampiran X1.

3.1.5 Fasilitas dan prosedur untuk pengadaan, persiapan, dan distribusi sampel harus tersedia dan harus sederhana dan praktis bebas dari kesulitan.

3.1.6 Seleksi sampel harus dilakukan dengan suatu proses acak, dan satu orang yang akrab dengan prosedur acak harus bertanggung jawab untuk melihat bahwa prosedur ini dilaksanakan. Lihat ASTM E105.

3.1.7 Harus tersedia jumlah laboratorium partisipan yang memadai, operator, dan bahan. Persyaratan mengenai ini ditetapkan dalam Pasal 4 dan Pasal 5.

3.1.8 Seluruh program uji antar laboratorium sejak awal harus dikembangkan dengan bantuan dan petunjuk dari orang yang akrab

statistical procedures and with the materials involved (see Note 2). The same persons who design the experiment should also carry out, or at least have control over, the process of analysis of the data.

NOTE 2—It may not always be possible to obtain people who are familiar with the materials involved who have a sufficient knowledge of the proper statistical techniques and their proper use. In this case, the committee should obtain the services of a competent statistician who has experience in practical work with data from materials testing, and provide him with an opportunity for learning something about the particular materials and test method involved. Planners of an interlaboratory study should also be warned to avoid the pitfall of assuming that the use of statistical analysis software programs necessarily results in special expertise in the handling of data or the interpretation of results.

3.2 It is important to bear in mind that estimates of the precision of a test method are always based on a particular set of data obtained at a particular time and they need to be kept up-to-date. As materials, apparatus, and conditions change, and operators change or gain more experience, the characteristic precision of the results obtained may change, especially if the test method is new. In some cases, it may even be desirable to conduct more tests at a later date (though not necessarily a repetition of the complete interlaboratory study) in order to provide a check on estimates previously obtained and either verify them or introduce revisions.

4. Laboratories

4.1 The problem of obtaining competent participating laboratories for an interlaboratory study is often one of the most difficult ones connected with the process. The number of laboratories available is seldom as extensive as one would like, and if the test method is new, complicated, or expensive and time-consuming to run, the problem is further complicated. The problem usually becomes one of finding and obtaining the cooperation of enough qualified laboratories to obtain

dengan prosedur statistik dan dengan bahan-bahan yang terlibat (lihat Catatan 2). Orang-orang yang sama yang merancang percobaan juga harus melaksanakan, atau setidaknya memiliki kendali atas proses analisis data.

CATATAN 2 – Kemungkinan tidak mudah mendapatkan orang yang mengenal baik bahan-bahan yang terlibat dan memiliki pengetahuan cukup tentang teknik statistik yang cocok serta penggunaannya secara tepat. Pada kasus ini, komite harus memperoleh bantuan dari ahli statistik yang kompeten dan berpengalaman praktek dalam pekerjaan dengan data bahan-bahan yang diuji, dan memberinya kesempatan untuk mempelajari bahan-bahan tertentu dan metode uji yang digunakan. Perencana studi antar laboratorium juga harus diperingatkan supaya terhindar dari jebakan asumsi bahwa penggunaan perangkat lunak analisis statistik selalu menghasilkan keahlian khusus dalam penanganan data atau interpretasi hasil-hasilnya.

3.2 Penting diingat bahwa estimasi presisi suatu metode uji selalu didasarkan pada seperangkat data tertentu yang diperoleh pada suatu waktu tertentu dan data tersebut harus dijaga supaya tetap up-to-date. Seirama dengan perubahan bahan, peralatan, kondisi dan operator yang diganti atau menjadi lebih berpengalaman, karakteristik presisi hasil-hasil yang diperoleh dapat berubah, khususnya jika metode uji tersebut baru. Pada beberapa kasus, kemungkinan malah diinginkan untuk melaksanakan lebih banyak pengujian dikemudian hari (meskipun belum tentu perlu mengulang studi antar laboratorium tersebut secara lengkap) dalam rangka memeriksa kembali estimasi yang diperoleh sebelumnya dan untuk memverifikasi atau mengajukan revisi.

4. Laboratorium-laboratorium

4.1 Sehubungan dengan proses, sering salah satu problem paling sulit adalah mendapatkan laboratorium partisipan yang kompeten untuk studi antar laboratorium. Jumlah laboratorium yang memenuhi syarat yang diinginkan langka, dan jika metode pengujian masih baru, rumit, atau mahal dan memakan banyak waktu untuk dijalankan, maka problem tersebut menjadi lebih rumit lagi. Problem tersebut biasanya menjadi salah satu temuan dan memperoleh kerja sama dari

meaningful estimates of precision, rather than that of selection among a group of available laboratories. If there is great difficulty in obtaining a sufficient number of competent and willing laboratories, then the possibility exists that the test method should not be subjected to a formal interlaboratory study.

4.2 For the purposes of programs using this recommended practice, it is recommended that at least ten participating laboratories be included (1, 2).³ In cases where it is impossible to obtain ten laboratories, the effect of an increased number may be obtained by repeating the program with the same group of laboratories six months later. Usually, results obtained from the same laboratory after a time lapse of approximately six months display most of the characteristics of results from a different laboratory, especially if a different operator and apparatus can be used. If this procedure is followed, it is necessary to be sure that the same materials are used, and that their characteristics have not changed in the interim.

4.3 In general, it is recommended that any laboratory that is considered qualified to run the test in routine testing situations should be permitted and encouraged to participate. "Qualified" implies proper laboratory facilities and testing equipment, competent operators familiar with the test method, a reputation for reliable testing work, and sufficient time and interest to do a good job. It does not mean, however, that only a select group of laboratories that are considered to be those best qualified for the interlaboratory study should be picked. Precision estimates for inclusion in a test method must be obtained under conditions and through the efforts of laboratories and personnel that are representative of the situations in which the test method will be used in practice (3). If a laboratory has all the other requirements, but its personnel has had insufficient experience with the method, the operators in that laboratory should be given an opportunity to familiarize themselves with the

laboratorium yang cukup mumpuni untuk menghasilkan estimasi presisi yang berarti, daripada yang dari pemilihan antara sekelompok laboratorium yang tersedia. Jika ada kesulitan besar dalam memperoleh laboratorium yang kompeten dan bersedia dalam jumlah yang cukup, maka ada kemungkinan bahwa metode pengujian tidak harus dikenakan studi antar laboratorium secara formal.

4.2 Untuk tujuan program-program yang menggunakan praktek yang disarankan ini, direkomendasikan bahwa setidaknya ada sepuluh laboratorium yang berpartisipasi (1, 2). Dalam kasus di mana tidak mungkin untuk mendapatkan sepuluh laboratorium, efek peningkatan jumlah laboratorium dapat diperoleh dengan mengulangi program oleh kelompok laboratorium yang sama enam bulan kemudian. Biasanya, setelah selang waktu sekitar enam bulan hasil yang diperoleh dari laboratorium yang sama menampilkan sebagian besar karakteristik hasil dari laboratorium yang berbeda, terutama jika dapat digunakan operator dan peralatan yang berbeda. Jika prosedur ini diikuti, maka perlu dipastikan bahwa digunakan bahan-bahan yang sama, dan bahwa dalam rentang waktu itu karakteristik bahan-bahan tersebut tidak mengalami perubahan.

4.3 Secara umum, direkomendasikan agar setiap laboratorium yang dianggap memenuhi syarat untuk menjalankan pengujian dalam situasi pengujian rutin harus diizinkan dan didorong untuk berpartisipasi. "Berkualitas" menyiratkan fasilitas laboratorium dan peralatan pengujian yang tepat, operator kompeten yang akrab dengan metode uji, reputasi untuk pekerjaan pengujian yang dapat diandalkan, dan waktu yang cukup dan minat untuk melakukan pekerjaan dengan baik. Bagaimanapun, itu tidak berarti bahwa hanya kelompok laboratorium yang dianggap terbaik dan memenuhi syarat untuk studi antar laboratorium yang harus dipilih. Presisi estimasi untuk dimasukkan dalam suatu metode uji harus diperoleh dalam kondisi dan melalui upaya laboratorium serta personil yang mewakili situasi di mana metode uji akan digunakan dalam praktek (3). Jika laboratorium memiliki semua persyaratan-persyaratan lain, namun personilnya tidak memiliki pengalaman cukup dengan metode

method and to practice its application before the interlaboratory study starts.

5. Materials

5.1 The number and type of materials to be included in an interlaboratory study will depend on the following:

5.1.1 The range of the values of the property being measured on a given material and how the precision varies over that range,

5.1.2 The number of different materials to which the test method is to be applied,

5.1.3 The difficulty and expense involved in obtaining, processing, and distributing samples,

5.1.4 The difficulty of, length of time required for, and expense of performing the tests, and

5.1.5 The uncertainty of prior information on any of these points. For example, if it is already known that the precision is relatively constant or proportional to the average level over the range of values of interest, a smaller number of materials will be needed than if it is known that the precision changes erratically at different levels. A preliminary pilot or screening program may help to settle some of these questions, and may often result in the saving of considerable time and expense in the full interlaboratory study (4).

5.2 In general, a minimum of three materials should be considered acceptable.

6. Estimates of Precision

6.1 In accordance with Recommended Practice C670, the procedure described in this practice is designed to provide two basic estimates of the precision of a test method: (a) single operator precision, and (b) multilaboratory precision. If other estimates of precision are desired, other references should

tersebut, operator harus diberi kesempatan untuk membiasakan diri dengan metode tersebut dan mempraktekkan penerapannya sebelum studi antar laboratorium dimulai.

5. Bahan-bahan

5.1 Jumlah dan jenis bahan untuk dimasukkan dalam sebuah studi antar laboratorium akan tergantung pada:

5.1.1 Rentang nilai dari properti yang diukur pada bahan yang diberikan dan bagaimana presisi bervariasi pada rentang tersebut,

5.1.2 Jumlah bahan yang berbeda dimana metode uji yang akan diterapkan,

5.1.3 Kesulitan dan biaya yang dibutuhkan dalam memperoleh, memproses, dan mendistribusikan sampel,

5.1.4 Kesulitan dari lamanya waktu yang dibutuhkan untuk, dan biaya melakukan pengujian, dan

5.1.5 Ketidakpastian informasi sebelumnya pada salah satu poin-poin ini. Misalnya, jika sudah diketahui bahwa presisi adalah relatif konstan atau proporsional dengan tingkat rata-rata pada rentang nilai yang menjadi perhatian, lebih sedikit bahan yang akan dibutuhkan daripada jika diketahui bahwa presisi berubah tak menentu pada level yang berbeda. Sebuah program rintisan atau program skrining dapat membantu untuk menyelesaikan beberapa pertanyaan yang ada, dan sering dapat menghemat waktu dan biaya dalam studi antar laboratorium secara penuh (4).

5.2 Pada umumnya, minimal tiga bahan harus dianggap dapat diterima.

6. Estimasi presisi

6.1 Sesuai ASTM C670, prosedur yang diuraikan dalam standar ini didesain untuk memberikan dua estimasi dasar dari presisi suatu metode uji: (a) presisi operator tunggal, dan (b) presisi multilaboratorium. Jika diinginkan estimasi presisi yang lain, referensi-referensi lain harus dikonsultasikan (lihat

be consulted (see Practice E177) (5).

6.2 *Single-operator precision* provides an estimate of the difference that may be expected between duplicate measurements made on the same material in the same laboratory by the same operator using the same apparatus within a time span of a few days.

6.3 *Multilaboratory precision* provides an estimate of the difference that may be expected between measurements made on the same material in two different laboratories.

7. Collection of Data

7.1 In order to minimize the problems concerned with analysis of data, a definite form and instructions for obtaining and recording the data should be developed and distributed to all participating laboratories.

7.2 *Directions to Laboratories*—The directions to the laboratories should deal mainly with reporting of data. No special instructions for performing the tests that differ from those given in the description of the test method should be included. The laboratories should be cautioned to conduct tests and report results exactly as specified in the test method, with the one exception as noted in 7.2.2.

7.2.1 *Averaging Test Results*—Laboratories should particularly be cautioned against practices such as running a number of tests and selecting the “best” ones or reporting the average of several determinations, except as such averaging is specified in the test method. For example, Test Method C109/C109M specifies three or more test specimens, and requires that the strength of all acceptable test specimens made from the same sample and tested at the same period shall be averaged and reported. In this case, the directions for the interlaboratory test should specify the number of determinations to be obtained and reported. Whenever a test result is defined, either in the test method or in the instructions

ASTM E177) (5).

6.2 Presisi operator tunggal memberikan suatu perkiraan dari perbedaan yang dapat diharapkan antara pengukuran duplikat yang dilakukan pada bahan, di laboratorium, dan oleh operator yang sama dengan menggunakan peralatan sama dalam rentang waktu beberapa hari.

6.3 Presisi multilaboratorium memberikan estimasi perbedaan yang dapat diharapkan antara pengukuran-pengukuran yang dilakukan pada bahan yang sama di dua laboratorium berbeda.

7. Koleksi data

7.1 Dalam rangka meminimalkan masalah-masalah yang bersangkutan dengan analisis data, suatu bentuk formulir dan instruksi-instruksi yang jelas untuk memperoleh dan merekam data harus dikembangkan dan didistribusikan kepada semua laboratorium yang berpartisipasi.

7.2 *Petunjuk untuk Laboratorium* – Petunjuk untuk laboratorium-laboratorium terutama harus menyangkut pelaporan data. Tidak ada instruksi khusus untuk melakukan pengujian-pengujian yang berbeda dari yang diberikan dalam deskripsi metode uji yang harus dimasukkan. Laboratorium harus berhati-hati dalam melakukan pengujian dan hasil laporan tepat seperti yang ditentukan dalam metode uji, dengan satu pengecualian seperti tercantum dalam 7.2.2.

7.2.1 *Perataan Hasil Uji* – Laboratorium harus diperingatkan untuk tidak melakukan praktek-praktek tertentu misalnya melaksanakan sejumlah pengujian dan kemudian memilih yang “terbaik” atau melaporkan nilai rata-rata dari beberapa determinasi, kecuali jika perataan semacam itu ditentukan dalam metode uji. Sebagai contoh, ASTM C109/C109M menetapkan tiga spesimen uji atau lebih, dan mensyaratkan bahwa kekuatan semua spesimen uji yang diterima terbuat dari sampel yang sama dan diuji pada periode yang sama harus dirata-ratakan dan dilaporkan nilai rata-ratanya. Dalam kasus ini, petunjuk untuk uji antar laboratorium harus menetapkan jumlah

to laboratories participating in an interlaboratory test program, as the average of a particular number of determinations, the individual determinations should be reported, in addition to the averages. When two or more measurements are averaged to obtain a test result, the data from the interlaboratory test program may be used to develop an estimate of the precision of these individual measurements. See 3.3.3 of Practice C670.

7.2.2 Rounding of Data:

7.2.2.1 Generally, laboratories should be required to report all figures obtained in making the measurements, rather than rounding the results before recording them. In some cases, this may result in recording of more digits than is customary or even more than the test method calls for in the section on Reporting (see X1.3.1). This is necessary because the variation from which information about the precision of the test method comes is contained in the least significant digits, which are often discarded in reporting the results of routine testing (6). For example, Method C136 calls for reporting of percentages to the nearest whole number. This is adequate for the usual reporting purposes, but for purposes of determining precision, at least one decimal place is needed. It is better to require the reporting of too many decimal places than too few, since a decision about rounding all data can be made when the analysis is done. If too few places are reported, however, valuable information may be irretrievably lost, and the result might well be the impairment of the entire program.

7.2.2.2 In cases where a test result is the result of a calculation based on two or more measured quantities, the basic measurements should be used in the calculations without any rounding. The planners of the interlaboratory program will then have to determine how many places need to be reported in order to retain the essential information for determining

determinasi yang harus diperoleh dan dilaporkan. Setiap kali suatu hasil uji didefinisikan, baik dalam metode uji atau dalam instruksi kepada laboratorium yang berpartisipasi dalam program uji antar laboratorium, sebagai rata-rata dari sejumlah determinasi, determinasi individualnya harus dilaporkan, di samping nilai rata-ratanya. Ketika dua atau lebih hasil pengukuran dirata-ratakan untuk mendapatkan hasil uji, data dari program uji antar laboratorium dapat digunakan untuk mengestimasi presisi dari pengukuran-pengukuran individual ini. Lihat 3.3.3 ASTM C670.

7.2.2 Pembulatan data:

7.2.2.1 Umumnya, laboratorium disyaratkan untuk melaporkan semua data yang diperoleh dari pengukuran, bukan hanya mencatat hasil pembulatan dari data-data itu saja. Dalam beberapa kasus, hal ini dapat menyebabkan pencatatan dengan digit lebih banyak dibandingkan yang biasa atau bahkan lebih dari yang diminta pada bagian Pelaporan metode uji (lihat X1.3.1). Hal ini diperlukan karena variasi dari mana informasi tentang presisi metode uji datang terkandung dalam digit paling sedikit yang signifikan, yang sering dibuang dalam pelaporan hasil-hasil pengujian rutin (6). Sebagai contoh, ASTM C136 meminta agar dilaporkan persentase yang paling mendekati nilai keseluruhan. Hal ini sudah memadai untuk tujuan pelaporan biasa, tapi untuk tujuan menentukan presisi, setidaknya diperlukan satu desimal lebih banyak. Lebih baik meminta pelaporan dengan lebih banyak desimal daripada terlalu sedikit, karena keputusan mengenai pembulatan semua data dapat dilakukan apabila analisis tersebut telah dilaksanakan. Jika terlalu sedikit digit yang dilaporkan, bagaimanapun, informasi yang berharga mungkin hilang tanpa dapat dilacak kembali, dan hasilnya mungkin dapat merugikan program secara keseluruhan.

7.2.2.2 Dalam kasus-kasus dimana suatu hasil uji adalah hasil dari perhitungan yang didasarkan pada dua atau lebih hasil pengukuran, pengukuran dasar harus digunakan dalam perhitungan tanpa pembulatan apapun. Para perencana program antar laboratorium kemudian harus menentukan berapa banyak tempat perlu

variability. Sometimes it is advisable to ask the laboratories to report the basic quantities measured instead of, or in addition to, the final calculated result. This enables the final result to be checked, or changes in decisions about the test results to be made, when the data are analyzed. This procedure is especially appropriate if the results are to be analyzed by computer, and the program can be utilized to perform the basic calculations and analyze the calculated results.

7.3 The Data Sheet—This practice is based on the following assumptions: p laboratories each have made n replicate measurements on each of q materials (see Ref 7). Table 1 and Table 2 are sample data sheets for an individual laboratory and for a summary of data for the entire program for a program with: p = ten laboratories, n = four replicates, (test results on each material in each laboratory), and, q = five materials. These data sheets suggest the forms to be used when an individual measurement constitutes the basic test result. In cases where individual measurements are averaged or otherwise subjected to calculation to produce a test result, the form of the individual laboratory sheet may be altered or a secondary sheet provided to permit recording of the fundamental measurements and the test results.

dilaporkan guna mempertahankan informasi penting untuk menentukan variabilitas. Kadang-kadang disarankan untuk meminta laboratorium melaporkan semua nilai dasar yang diukur dan bukan hanya, atau sebagai tambahan untuk, hasil perhitungan akhir. Hal ini memungkinkan hasil akhir untuk diperiksa, atau mengadakan perubahan keputusan yang akan dibuat pada hasil uji, pada waktu dilakukan analisis data. Prosedur ini sangat tepat jika hasil-hasil harus dianalisis dengan komputer, dan program dapat dimanfaatkan untuk melakukan perhitungan dasar dan menganalisis hasil-hasil perhitungan.

7.3 Lembar data – Praktek ini didasarkan pada asumsi sebagai berikut: p laboratorium masing-masing telah membuat n pengukuran replika pada masing-masing dari q bahan (lihat Referensi 7). Tabel 1 dan Tabel 2 adalah lembar data sampel untuk laboratorium individual dan untuk ringkasan data untuk seluruh program untuk program dengan: p = sepuluh laboratorium, n = empat pengukuran replika, (hasil uji pada setiap bahan di setiap laboratorium), dan q = lima bahan. Lembar-lembar data ini adalah contoh formulir untuk digunakan saat pengukuran individual merupakan hasil uji dasar. Dalam kasus di mana pengukuran individual dirata-rata atau dilakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil uji, bentuk lembar data laboratorium individual dapat diubah atau disediakan lembar sekunder untuk memungkinkan pencatatan pengukuran yang fundamental dan hasil-hasil uji.

TABLE 1 Data Sheet for an Interlaboratory Test Program for an ASTM Test Method

Laboratory:					
Replicate	Material				
	A	B	C	D	E
a	_____	_____	_____	_____	_____
b	_____	_____	_____	_____	_____
c	_____	_____	_____	_____	_____
d	_____	_____	_____	_____	_____

Tabel 1 Lembar data program uji antar laboratorium untuk Metode uji ASTM

Laboratorium:					
Replika	Bahan				
	A	B	C	D	E
A	_____	_____	_____	_____	_____
b	_____	_____	_____	_____	_____
c	_____	_____	_____	_____	_____
d	_____	_____	_____	_____	_____

TABLE 2 Summary Data Sheet for an Interlaboratory Test Program for an ASTM Test Method

Laboratory	Replicate	Material				
		A	B	C	D	E
1	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
2	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
3	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
4	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
5	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
6	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
7	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
8	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
9	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____
10	a	_____	_____	_____	_____	_____
	b	_____	_____	_____	_____	_____
	c	_____	_____	_____	_____	_____
	d	_____	_____	_____	_____	_____

Tabel 2 Ringkasan lembar data program uji antar laboratorium untuk Metode uji ASTM

Laboratorium	Replika	Bahan				
		A	B	C	D	E
1	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
2	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
3	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
4	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
5	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
6	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
7	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
8	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
9	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—
10	a	—	—	—	—	—
	b	—	—	—	—	—
	c	—	—	—	—	—
	d	—	—	—	—	—

7.4 Number of Replicates:

7.4.1 The number of replicate determinations to be made on each material in each laboratory depends largely on the number of laboratories participating, on the homogeneity of the material, and on the expense, difficulty, and time involved in increasing the number of determinations. It should be recognized that in order to obtain the necessary information to write a meaningful precision statement, it is often necessary to use more replicates in the interlaboratory study than is required for routine use of the test method. An increase in the number of replicates improves the estimates of within-laboratory precision but has no effect on between-laboratory precision (8). It is recommended that, for 10 to 15 participating laboratories, at least three replicates should be required. In cases where it is not possible to obtain 10 participating laboratories, the number of replicates, n , should be equal to or greater than $(30/p) + 1$. For more than 15 laboratories, the number of replicates may be reduced to two. (If 30 is not a multiple of p , $30/p$ is rounded to the next higher integer.) This will give an adequate estimate of within-laboratory precision, but information about betweenlaboratory precision is not as good as desired with fewer than 10 laboratories.

7.4.2 The variation among replicate measurements is supposed to be representative of the irreducible error variance characteristic of the test method. In some cases, it is possible to take supposedly replicate measurements in such a manner that there is little or no opportunity for chance variation, and the measurements are in effect simply repetitions of the same measurement. For example, in making a chemical analysis by atomic absorption or some other kind of automatic measuring device, laboratories have been known to take three readings of the meter on the same sample in quick succession. The three readings so taken were almost identical, but were still reported as replicate readings. In cases such as this, three separate readings with different portions of the sample should be tested possibly on different

7.4 Jumlah replika:

7.4.1 Jumlah replika determinasi yang harus dilakukan pada setiap bahan di setiap laboratorium sangat tergantung pada jumlah laboratorium yang berpartisipasi, pada homogenitas bahan, dan pada biaya, kesulitan, dan waktu yang dibutuhkan dalam meningkatkan jumlah determinasi. Harus diakui bahwa untuk memperoleh informasi yang diperlukan untuk menulis sebuah pernyataan presisi yang bermakna, sering perlu untuk menggunakan lebih banyak replika dalam studi antar laboratorium dari yang dibutuhkan untuk penggunaan rutin metode uji tersebut. Peningkatan jumlah replika meningkatkan estimasi presisi dalam-laboratorium namun tidak berpengaruh pada presisi antar-laboratorium (8). Direkomendasikan bahwa, untuk 10 sampai 15 laboratorium yang berpartisipasi, paling sedikit harus disyaratkan tiga replika. Dalam kasus di mana tidak mungkin mendapatkan 10 laboratorium yang berpartisipasi, jumlah replika, n , harus sama dengan atau lebih besar dari $(30/p) + 1$. Untuk lebih dari 15 laboratorium, jumlah replika dapat dikurangi menjadi dua. (Jika 30 bukan kelipatan dari p , $30/p$ dibulatkan ke integer lebih tinggi berikutnya.) Hal ini akan memberikan estimasi presisi dalam-laboratorium yang memadai, tetapi informasi tentang presisi antar laboratorium tidak sebagus yang diinginkan jika kurang dari 10 laboratorium.

7.4.2 Variasi antara pengukuran replika seharusnya mewakili karakteristik varians kesalahan yang tidak dapat direduksi dari metode pengujian. Dalam beberapa kasus, dimungkinkan untuk melakukan pengukuran replika sedemikian rupa sehingga kecil sekali kemungkinan untuk terjadinya variasi kesempatan, dan pengukuran hanya mengalami efek pengulangan sederhana dari pengukuran yang sama. Misalnya, dalam membuat analisa kimia dengan absorpsi atom atau beberapa jenis alat pengukur otomatis lain, laboratorium telah dikenal untuk mengambil pada sampel yang sama tiga bacaan meter secara berurutan dengan cepat. Ketiga hasil bacaan hampir identik ketika diambil, tetapi tetap dilaporkan sebagai bacaan replika. Dalam kasus semacam ini, tiga bacaan terpisah pada bagian berbeda dari

days, with the same operator and apparatus in order to provide meaningful replicate measurements.

7.5 Outliers—In general, the practice of discarding individual test results that appear to differ by suspiciously large amounts from the others, should be avoided unless there is clear evidence that there was some physical reason to consider the result faulty. It is recommended that no purely statistical criterion be used for the purpose. In particular, laboratories should be asked to report all results in their proper place and include notes describing the conditions surrounding those results that are suspected of being faulty. Sometimes if a test really went wrong, a laboratory should discard the results and repeat the test. Tests should not be repeated, however, just because the results don't look good. Further discussion of the problems of outliers is given in Appendix X2, Practice E178, and in Refs (9 and 10).

7.6 Missing Data—Sometimes individual items of data are missing from the summary because they were discarded, failed to be supplied by a laboratory, or for other reasons. In general, if the number of missing data items from all laboratories constitutes no more than 1 % of the total number of items, the analysis may be conducted as though the missing items were present. For example, if one result out of four replicates on a given material from a given laboratory is missing, the three remaining results should be added and then divided by 3 to get the average, \bar{X}_i . The within-laboratory variance, s_i^2 , should also be calculated using 3 for the number of results. From then on, both results should be used as though they were based on four measurements. If the number of missing results exceeds 1 % of the total, some of the tests should be repeated in order to obtain proper measurements for the missing values. Missing values handled in this way must be individual values distributed throughout the mass of data, and should not be concentrated

sampel mungkin harus diuji pada hari yang berbeda, dengan operator dan peralatan yang sama untuk menghasilkan pengukuran replika yang ada artinya.

7.5 Hasil uji yang menyimpang — Pada umumnya, praktek membuang hasil-hasil uji individual yang tampak berbeda secara mencurigakan dalam jumlah yang besar, harus dihindari kecuali ada bukti yang jelas bahwa terdapat beberapa alasan fisik untuk berpendapat bahwa ada kerusakan pada hasil itu. Disarankan agar tidak digunakan kriteria statistik murni untuk tujuan tersebut. Secara khusus, laboratorium harus diminta untuk melaporkan semua hasil di tempat yang tepat (pada formulir) termasuk catatan yang menggambarkan kondisi sekitar hasil-hasil yang dicurigai rusak itu. Kadang-kadang jika pengujian benar-benar dilaksanakan secara keliru, laboratorium tersebut harus membuang hasilnya dan mengulang pengujian. Meskipun demikian, pengujian tidak harus diulang hanya karena hasilnya tidak kelihatan baik. Pembahasan lebih lanjut tentang masalah hasil uji yang menyimpang diberikan dalam Lampiran X2, ASTM E178, dan pada Referensi (9 dan 10).

7.6 Data yang hilang — Kadang-kadang terdapat item individual data yang hilang dari ringkasan karena dibuang, gagal disediakan oleh laboratorium, atau karena alasan lain. Secara umum, jika jumlah item data yang hilang dari semua laboratorium jumlahnya tidak lebih dari 1% dari jumlah total item, analisis dapat dilakukan seolah-olah item yang hilang itu ada. Sebagai contoh, jika hilang salah satu hasil dari empat replika pada suatu bahan di sebuah laboratorium, tiga hasil yang tersisa harus dijumlahkan dan kemudian dibagi 3 untuk mendapatkan rata-rata, \bar{X}_i . Varians di dalam-laboratorium, s_i^2 , juga harus dihitung dengan menggunakan jumlah hasil 3. Selanjutnya, kedua hasil harus digunakan seolah-olah berdasarkan empat pengukuran. Jika jumlah hasil yang hilang melebihi 1 % dari total, beberapa uji harus diulangi untuk mendapatkan pengukuran yang benar untuk nilai-nilai yang hilang. Data hilang yang ditangani dengan cara ini harus nilai-nilai individual yang terdistribusi ke seluruh massa data, dan tidak boleh terkonsentrasi

as a group in one laboratory-material cell. If the latter occurs, the laboratory should provide another group of measurements on the material in question. Analysis-of-variance procedures exist for the analysis of such unbalanced sets of data. The advice of a statistical consultant should be obtained when such practices are used.

8. Analysis of Data

8.1 The procedure described herein is simplified, and statistical terms are avoided to the greatest extent possible in order to make the recommended practice easily usable by persons with little statistical background. This exposes the recommended practice to the danger that, although the technique recommended is widely applicable to many situations using many kinds of data, it may be used mechanically in situations in which it is not applicable by persons who are not familiar with the statistical background of the recommended procedures. For this reason, it is recommended to seek the advice of a person who is familiar with the statistical procedures before undertaking analysis of an interlaboratory study by this or any other published procedure. An example of the procedure is given in Appendix X1. For further description of the method, see Ref (5).

8.2 *Between-Laboratory and Within-Laboratory Analysis for Each Material*—The first step in the analysis is to obtain estimates of between-laboratory and within-laboratory variances for each material. This may be done by using the form shown in Table 3. Table 3 is set up as an example, using material A in ten laboratories with four replicate test results per laboratory to correspond with the sample summary data sheet in Table 2. Similar tables should be set up for each material in the study. The subscript i is used to designate a particular laboratory in the analysis and goes from 1 to p , the total number of laboratories. Capital letter subscripts, A , B , etc., are used to designate quantities calculated for the different

merupakan kelompok dalam satu sel laboratorium bahan. Jika terjadi yang terakhir, laboratorium harus menyediakan kelompok lain pengukuran pada bahan yang dipertanyakan. Prosedur analisis-varians dapat untuk menganalisis set data yang tidak seimbang. Harus ada saran dari konsultan statistik ketika praktek-praktek tersebut dilaksanakan.

8. Analisis data

8.1 Prosedur yang dijelaskan dalam dokumen ini telah disederhanakan, dan istilah-istilah statistik dihindari semaksimal mungkin untuk membuat rekomendasi mudah dilaksanakan oleh orang-orang dengan latar belakang statistik sedikit. Ini memperlihatkan praktek yang direkomendasikan terancam bahaya yaitu, meskipun teknik yang direkomendasikan dapat diterapkan secara luas dalam berbagai situasi dengan menggunakan banyak jenis data, ada kemungkinan digunakan secara otomatis dalam situasi di mana prosedur ini tidak berlaku oleh orang yang tidak akrab dengan latar belakang statistik dari prosedur yang direkomendasikan. Karena itu, disarankan agar meminta pendapat dari orang yang menguasai prosedur statistik sebelum melakukan analisis pada studi antar laboratorium baik dengan metode ini atau prosedur lain. Sebuah contoh dari prosedur ini diberikan dalam Lampiran X1. Untuk keterangan lebih lanjut mengenai metode, lihat Referensi (5).

8.2 *Analisis antar-laboratorium dan dalam-laboratorium untuk setiap bahan*—Langkah pertama dalam analisis adalah untuk mendapatkan estimasi varians antara-laboratorium dan varians dalam-laboratorium untuk setiap bahan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan formulir pada Tabel 3. Tabel 3 disiapkan sebagai contoh, menggunakan bahan A dalam sepuluh laboratorium dengan empat hasil uji replika per laboratorium agar sesuai dengan sampel ringkasan lembar data pada Tabel 2. Tabel-tabel serupa harus disiapkan untuk setiap bahan dalam studi ini. Subskrip i digunakan untuk menunjuk laboratorium tertentu dalam analisis dan berurutan dari 1 sampai p , yaitu total jumlah laboratorium. Subskrip dengan

materials. The averages, \bar{x}_i , and variances, s_i^2 , in the last two columns are the within-laboratory averages and variances for the given material, and are calculated from the n replicate test results for each of the p laboratories as follows:

$\bar{x}_i = \sum x_i / n$ = sum of n replicate test results for laboratory i divided by n .

$s_i^2 = (\sum x_i^2 - n \bar{x}_i^2) / (n - 1)$ = sum of squares of n replicate test results for laboratory i less n times the square of the average for laboratory i , divided by one less than the number of replicate test results.

NOTE 3—The results of the calculations described here may be subject to a rounding error if the numbers involved are large. See Appendix X1 and Note X1.1 for an example of this and a discussion of how to deal with this problem.

From the p individual within-laboratory averages and variances, four quantities for the given material; namely, the overall average, pooled within-laboratory variance, variance of laboratory averages, and between laboratory component of variance, are calculated and entered on Table 3 as follows:

$\bar{x}_A = \sum \bar{x}_i / p$ = sum of p averages for the laboratories divided by p

s_A^2 (pooled) = $\sum s_i^2 / p$ = average of within-laboratory variances (see Note 4).

$s_{\bar{x}_A}^2 = [\sum \bar{x}_i^2 - p (\bar{x}_A)^2] / (p - 1)$ = sum of squares of p within-laboratory averages less p times the overall average squared, divided by $p - 1$.

$s_{L_A}^2 = s_{\bar{x}_A}^2 - [s_A^2 (pooled) / n]$ = the variance of laboratory averages less $1/n$ times the pooled variance.

A sample work sheet showing exactly how these calculations are made appears in Appendix X1.

huruf besar, A, B, dan seterusnya, digunakan untuk menunjuk besaran yang dihitung untuk bahan yang berbeda. Nilai rata-rata, \bar{x}_i , dan varians, s_i^2 , dalam dua kolom terakhir adalah nilai rata-rata dalam-laboratorium dan varians untuk bahan yang diberikan, dan dihitung dari n hasil pengujian untuk setiap dari p laboratorium sebagai berikut:

$\bar{x}_i = \sum x_i / n$ = jumlah dari n hasil uji replika untuk laboratorium i dibagi dengan n .

$s_i^2 = (\sum x_i^2 - n \bar{x}_i^2) / (n - 1)$ = jumlah kuadrat dari n hasil uji replika untuk laboratorium i dikurangi n kali kuadrat dari rata-rata untuk laboratorium i , dibagi dengan jumlah hasil uji replika dikurangi satu

Catatan 3—Hasil-hasil perhitungan yang dijelaskan di sini dapat mengalami kesalahan pembulatan akibat banyaknya angka yang terlibat. Lihat Lampiran X1 dan Catatan X1.1 sebagai contoh untuk hal ini dan diskusi tentang bagaimana menangani masalah ini.

Dari rata-rata dan varians individual dalam p laboratorium, empat besaran untuk bahan yang diberikan; yaitu nilai rata-rata keseluruhan, yang terkumpul dalam varians dalam-laboratorium, varians rata-rata laboratorium, dan komponen varians antar laboratorium, dihitung dan dimasukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

$\bar{x}_A = \sum \bar{x}_i / p$ = jumlah dari p rata-rata untuk laboratorium dibagi p

s_A^2 (terkumpul) = $\sum s_i^2 / p$ = rata-rata varians dalam laboratorium (lihat Catatan 4).

$s_{\bar{x}_A}^2 = [\sum \bar{x}_i^2 - p (\bar{x}_A)^2] / (p - 1)$ = jumlah kuadrat dari rata-rata p dalam laboratorium dikurangi p dikalikan kuadrat rata-rata keseluruhan, dibagi dengan $p - 1$.

$s_{L_A}^2 = s_{\bar{x}_A}^2 - [s_A^2 (terkumpul) / n]$ = rata-rata varians laboratorium dikurangi $1/n$ dikalikan varians terkumpul.

Sebuah sampel lembar kerja yang memperlihatkan bagaimana perhitungan ini dibuat ada pada Lampiran X1.

NOTE 4—The method of pooling variances used here applied only when all the individual variances being pooled are based on the same number of measurements. In general, a pooled estimate of a variance is not obtained by averaging individual variances.

Catatan 4—Metode pengumpulan varians yang digunakan di sini hanya diterapkan ketika semua varians individual yang dikumpulkan didasarkan pada jumlah pengukuran yang sama. Secara umum, estimasi varians terkumpul tidak diperoleh dengan merata-ratakan varians individual.

TABLE 3 Between and Within Analysis for Material A^A

Laboratory	Data				Average \bar{x}_i	Within-Laboratory Variance s_i^2
	a	b	c	d		
1	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_1	s_1^2
2	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_2	s_2^2
3	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_3	s_3^2
4	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_4	s_4^2
5	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_5	s_5^2
6	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_6	s_6^2
7	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_7	s_7^2
8	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_8	s_8^2
9	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_9	s_9^2
10	_____	_____	_____	_____	\bar{x}_{10}	s_{10}^2

^A $p = 10$ laboratories.
 $n = 4$ replicate test results on each material in each laboratory.
Overall average $\bar{x}_A =$
Pooled within-laboratory variance s_A^2 (pooled) =
Variance of laboratory averages $s_{\bar{x}_A}^2 =$
Between-laboratory component of variance $s_{L_A}^2 =$

Tabel 3 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan A^A

Laboratorium	Data				Rata-rata \bar{X}_i	Varians dalam-laboratorium S_i^2
	a	b	c	d		
1					\bar{X}_1	S_1^2
2					\bar{X}_2	S_2^2
3					\bar{X}_3	S_3^2
4					\bar{X}_4	S_4^2
5					\bar{X}_5	S_5^2
6					\bar{X}_6	S_6^2
7					\bar{X}_7	S_7^2
8					\bar{X}_8	S_8^2
9					\bar{X}_9	S_9^2
10					\bar{X}_{10}	S_{10}^2

^A $p = 10$ laboratorium
 $n = 4$ hasil uji replika pada setiap material dalam setiap laboratorium.
Rata-rata keseluruhan $\bar{X}_A =$

Variansterkumpul dalam-laboratorium s_A^2 (terkumpul) =

Varians rata-rata laboratorium $s_{\bar{x}_A}^2 =$

Komponen varians antara-laboratorium $s_{L_A}^2 =$

8.2.1 Before proceeding with the analysis, it is necessary to investigate agreement of the data with the following two assumptions: (a) the variances are the same in different laboratories (homogeneity of variance), and (b) the results show the same pattern of change from one material to another in different laboratories (lack of interactions). These two aspects of the analysis are discussed in 8.2.2 and 8.2.3.

8.2.2 Investigation of Agreement of Variances—This method is based on the assumption that the within-laboratory variances in different laboratories (of which the s_i^2 in Table 3 and its variations, are estimates) are the same. This does not mean that the s_i^2 have to be very close together, since an individual variance can be about four times the average variance (for $p = 10$ and $n = 4$) when all the calculated variances are really estimates of the same variance. In order to check for agreement among variances, it is helpful to plot the individual variances against the laboratories, draw a horizontal line across the plot at the level of the average variance, and examine the lowest and highest individual variances. A variance that is very low compared to the others may indicate that the laboratory is not permitting the normal causes for variation between results to show up, while a high variance indicates the lack of proper control of the testing process.

8.2.2.1 Table 4 gives approximate values (upper 5 % level) for the ratio of the largest variance to the sum of the variances that should not be exceeded (11).

8.2.1 Sebelum melakukan analisis, perlu diinvestigasi kesepakatan data dengan dua asumsi berikut: (a) varians adalah sama di laboratorium yang berbeda (homogenitas varians), dan (b) hasil menunjukkan pola perubahan yang sama dari satu bahan ke bahan yang lain di laboratorium yang berbeda (kurang interaksi). Kedua aspek analisis ini didiskusikan dalam 8.2.2 dan 8.2.3.

8.2.2 Investigasi Kesepakatan Varians—Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa varians dalam-laboratorium di laboratorium yang berbeda (dimana s_i^2 pada Tabel 3 dan variasinya, merupakan estimasi) adalah sama. Ini tidak berarti bahwa s_i^2 harus sangat dekat satu sama lain, karena suatu varians individual dapat sekitar empat kali dari varians rata-rata (untuk $p = 10$ dan $n = 4$) ketika semua varians yang dihitung benar-benar estimasi dari varians yang sama. Dalam rangka memeriksa kesepakatan di antara varians, akan sangat membantu untuk membuat plot varians individual terhadap laboratorium, gambarkan sebuah garis horizontal melintasi plot pada tingkat varians rata-rata, dan periksa varians individual yang terendah dan tertinggi. Sebuah varians yang sangat rendah dibandingkan dengan yang lain mungkin mengindikasikan bahwa laboratorium tidak memungkinkan munculnya penyebab normal untuk variasi antar hasil, sementara varians tinggi mengindikasikan kurangnya kontrol memadai pada proses pengujian.

8.2.2.1 Tabel 4 memberikan nilai perkiraan (level 5 % atas) untuk rasio varians terbesar terhadap jumlah dari varians yang tidak boleh dilampaui (11).

Table 4 Approximate values (upper 5 % level) for the ratio of the largest variance to the sum of the variances

No. of laboratories	No. of replicates				
	2	3	4	5	6
5	0,8412	0,6838	0,5981	0,5441	0,5065
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447
7	0,7271	0,5612	0,4800	0,4307	0,3974
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595
9	0,6385	0,4775	0,4027	0,3584	0,3286
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029
11	0,5700 ^A	0,4140 ^A	0,3480 ^A	0,3070 ^A	0,2810 ^A
12	0,5410	0,3924	0,3264	0,2880	0,2624
13	0,5140 ^A	0,3630 ^A	0,3080 ^A	0,2690 ^A	0,2470 ^A
14	0,4920 ^A	0,3450 ^A	0,2910 ^A	0,2530 ^A	0,2320 ^A
15	0,4709	0,3346	0,2758	0,2419	0,2195
20	0,3894	0,2705	0,2205	0,1921	0,1735
30	0,2929	0,1980	0,1593	0,1377	0,1237

^A Value obtained by graphic interpolation.**Tabel 4 Nilai perkiraan (diatas 5 %) untuk rasio varians terbesar terhadap jumlah varians**

Jumlah laboratorium	Jumlah replika				
	2	3	4	5	6
5	0,8412	0,6838	0,5981	0,5441	0,5065
6	0,7808	0,6161	0,5321	0,4803	0,4447
7	0,7271	0,5612	0,4800	0,4307	0,3974
8	0,6798	0,5157	0,4377	0,3910	0,3595
9	0,6385	0,4775	0,4027	0,3584	0,3286
10	0,6020	0,4450	0,3733	0,3311	0,3029
11	0,5700 ^A	0,4140 ^A	0,3480 ^A	0,3070 ^A	0,2810 ^A
12	0,5410	0,3924	0,3264	0,2880	0,2624
13	0,5140 ^A	0,3630 ^A	0,3080 ^A	0,2690 ^A	0,2470 ^A
14	0,4920 ^A	0,3450 ^A	0,2910 ^A	0,2530 ^A	0,2320 ^A
15	0,4709	0,3346	0,2758	0,2419	0,2195
20	0,3894	0,2705	0,2205	0,1921	0,1735
30	0,2929	0,1980	0,1593	0,1377	0,1237

^A Nilai-nilai diperoleh dengan interpolasi grafik.

8.2.2.2 The case of a small variance is not usually as troublesome as that of a variance that is too large. However, when one laboratory performs its tests in such a way that the normal causes of variation do not affect the results, an unrealistically low variance may occur. If no significantly high variance is present, as judged by the criterion given above, the following method may be used to examine a suspiciously low variance. The statistic used is the ratio of highest to lowest variance in the group. Table 5 gives the approximate values (upper 5 % level) for this ratio that should not be exceeded (12).

8.2.2.2 Kasus varians kecil biasanya tidak menjadi masalah seperti pada kasus jika varians yang terlalu besar. Meskipun demikian, ketika satu laboratorium melakukan pengujian sedemikian rupa sehingga penyebab variasi normal tidak mempengaruhi hasil, dapat muncul sebuah varian yang tidak realistis rendahnya. Jika tidak muncul varians tinggi yang signifikan, yang dinilai dengan kriteria yang telah diberikan di atas, metode berikut dapat digunakan untuk memeriksa varians rendah yang dicurigai. Statistik yang digunakan adalah rasio varians tertinggi terhadap varians terendah dalam kelompok tersebut. Tabel 5 memberikan nilai

pendekatan (level 5 % atas) untuk rasio ini yang tidak boleh dilampaui (12).

TABLE 5 Approximate Values (Upper 5 % Level) for the Ratio of Highest to Lowest Variance

No. of Laboratories	No. of Replicates				
	2	3	4	5	6
5	^A	202	51	25	16
6	^A	266	62	30	19
7	^A	333	73	34	21
8	^A	403	84	38	23
9	^A	475	94	41	25
10	^A	550	104	45	26
11	^A	626	114	48	28
12	^A	704	124	51	30
13	^A	790 ^B	135 ^B	54 ^B	31 ^B
14	^A	885 ^B	145 ^B	57 ^B	32 ^B
15	^A	995 ^B	155 ^B	59 ^B	33 ^B

^A Although it may be possible to calculate this value, it is suggested that all values be included in the analysis when only 2 replicates are used.

^B Value obtained by graphic extrapolation.

Tabel 5 Nilai perkiraan (diatas level 5 %) untuk rasio tertinggi terhadap varians terendah

Jumlah laboratorium	Jumlah replika				
	2	3	4	5	6
5	^A	202	51	25	16
6	^A	266	62	30	19
7	^A	333	73	34	21
8	^A	403	84	38	23
9	^A	475	94	41	25
10	^A	550	104	45	26
11	^A	626	114	48	28
12	^A	704	124	51	30
13	^A	790 ^B	135 ^B	54 ^B	31 ^B
14	^A	885 ^B	145 ^B	57 ^B	32 ^B
15	^A	995 ^B	155 ^B	59 ^B	33 ^B

^A Meskipun dimungkinkan untuk menghitung nilai ini, disarankan bahwa semua nilai dimasukkan dalam analisis bila digunakan hanya 2 replika.

^B Nilai diperoleh dengan ekstrapolasi grafik.

8.2.2.3 Often the data from one laboratory may indicate a high or low variance compared to the others, and elimination of that laboratory from the analysis results in a set of data with similar variances for the remaining laboratories (see Appendix X1). If all the variances are erratic, however, the test method is in trouble. Efforts to develop precision statements from the data should be suspended and further study of the test method should be undertaken to determine the causes for such erratic behavior. The advice of a statistical consultant should be obtained whenever there is doubt about eliminating a high or low variance.

8.2.3 Interactions—A common problem with test results obtained from an interlaboratory study is the presence of interactions between laboratories and materials. This means that the pattern of change of the results obtained on a given group of materials in one laboratory differs from the pattern obtained in another laboratory. In extreme cases, different laboratories may even fail to rate materials in the same order. The accepted statistical technique for finding significant interactions is an analysis of variance. A reasonably reliable method for checking to see if troublesome interactions may exist, however, is to make a plot of the averages obtained on the materials by each laboratory (see X1.3.5). These plots should show similar patterns of change from material to material for all laboratories. One laboratory may show a noticeably different pattern from the others and may be eliminated. However, if the patterns vary for more than one or two of the laboratories, the test method needs to be reinvestigated, and the causes of the interactions discovered and eliminated. The advice of a statistical consultant should be obtained.

8.3 Within-Laboratory and Between-Laboratory Variances—After the analysis described in 8.2 has been completed for all materials and investigations for homogeneity of variance and for interactions have been completed, the quantities indicated are assembled in Table 6. The averages in Column 2 are the overall averages for each

8.2.2.3 Seringkali data dari satu laboratorium mungkin menunjukkan varians tinggi atau rendah dibandingkan dengan yang lain, dan eliminasi laboratorium tersebut dari hasil analisis dalam satu set data dengan varians yang serupa untuk laboratorium yang tersisa (lihat Lampiran X1). Jika semua varians mengandung kesalahan, berarti metode pengujian ada dalam masalah. Upaya untuk mengembangkan pernyataan presisi dari data harus ditunda dan studi lebih lanjut dari metode uji harus dilakukan untuk menentukan penyebab perilaku yang mengandung kesalahan tersebut. Saran dari konsultan statistik harus diperoleh setiap kali ada keraguan tentang mengeliminasi suatu varians yang tinggi atau rendah.

8.2.3 Interaksi—Suatu masalah umum dengan hasil uji yang diperoleh dari suatu studi antar laboratorium adalah adanya interaksi antara laboratorium dan bahan-bahan. Ini berarti bahwa pola perubahan dari hasil-hasil yang diperoleh pada sekelompok bahan dalam satu laboratorium berbeda dari pola yang diperoleh di laboratorium lain. Dalam kasus ekstrim, laboratorium yang berbeda bahkan dapat gagal untuk menilai bahan dalam urutan yang sama. Teknik statistika yang diterima untuk menemukan interaksi yang signifikan adalah analisis varians. Sebuah metode rasional yang handal untuk memeriksa apakah dapat timbul interaksi yang bermasalah, bagaimanapun, adalah membuat plot dari rata-rata yang diperoleh pada bahan-bahan oleh setiap laboratorium (lihat X1.3.5). Plot ini harus menunjukkan pola perubahan serupa dari bahan ke bahan untuk semua laboratorium. Satu laboratorium dapat menunjukkan pola berbeda dari yang lain dan boleh dieliminasi. Meskipun demikian, jika pola berbeda untuk lebih dari satu atau dua laboratorium, metode uji perlu diperiksa kembali, dan penyebab dari interaksi ditemukan dan dieliminasi. Saran dari konsultan statistik harus diperoleh.

8.3 Varians dalam-laboratorium dan antar-laboratorium—Setelah analisis yang dijelaskan dalam 8.2 telah selesai untuk semua bahan dan investigasi homogenitas varians dan untuk interaksi telah selesai, besaran-besaran yang diindikasikan dirakit pada Tabel 6. Nilai rata-rata pada Kolom 2 adalah rata-rata keseluruhan untuk setiap

material, which are arranged in increasing order of the magnitude of the average. The components of variance in Columns 3 and 4 are the pooled within-laboratory variance and the component of betweenlaboratory ariance, respectively, for each material. The variances in Columns 5 and 6 are the pooled within-laboratory variances (same as Column 3) and the sum of the two components of variance (Column 3 plus Column 4), respectively (see Note 5).

NOTE 5—These within-laboratory and between-laboratory variances apply to single determinations in a laboratory, even though the data from which they are derived involve replicate measurements in a laboratory. Thus, precision statements based on these variances will apply to comparisons between two single measurements within a laboratory or between laboratories, respectively.

bahan, yang diatur dalam urutan yang meningkat dari besarnya rata-rata. Komponen varians pada Kolom 3 dan Kolom 4 adalah varians dalam-laboratorium yang dikumpulkan dan komponen varians antar laboratorium, berurutan untuk setiap bahan. Varians pada Kolom 5 dan Kolom 6 adalah varians dalam-laboratorium yang terkumpul (seperti Kolom 3) dan jumlah dari dua komponen varians (Kolom 3 ditambah Kolom 4), berurutan (lihat Catatan 5).

Catatan 5—Varians dalam laboratorium dan antar-laboratorium berlaku untuk determinasi tunggal di satu laboratorium, meskipun data dari mana mereka berasal melibatkan pengukuran replika di satu laboratorium. Dengan demikian, pernyataan presisi berdasarkan varians ini akan berlaku untuk perbandingan antara dua pengukuran tunggal dalam satu laboratorium atau antar laboratorium.

TABLE 6 Averages, Components of Variance, and Variances for All Materials

Material	Average ^A	Components of Variance		Variance	
		Within-Laboratory	Between-Laboratory	Within-Laboratory	Between-Laboratory
A					
B					
C					
D					
E					

^A Listed in increasing order of magnitude

Tabel 6 Rata-rata, komponen varians dan varians untuk semua bahan

Bahan	Rata-rata ^A	Komponen varians		Varians	
		Dalam-laboratorium	Antar-laboratorium	Dalam-laboratorium	Antar-laboratorium
A					
B					
C					
D					
E					

^A Tertera dalam urutan besarmeningkat

8.4 Estimates of Precision—The reason for listing the materials in increasing order of magnitude in Table 6 is to permit examination of the precision and how it varies with the level of the property measured, and thus to make a decision about the proper form of the precision statement. For this purpose, the quantities listed in Table 7 are calculated and entered as shown, still in increasing order of magnitude of the average. Column 2 in Table 7 is the same as Column 2 in Table 6. Columns 3 and 4 contain the square roots of the numbers in Columns 5 and 6 of Table 6. Columns 5 and 6

8.4 Estimasi presisi—Alasan untuk membuat daftar bahan dalam urutan yang besarnya meningkat pada Tabel 6 adalah untuk memungkinkan pemeriksaan presisi dan bagaimana variasinya dengan tingkat properti yang diukur, dan dengan demikian untuk membuat keputusan tentang bentuk yang tepat dari pernyataan presisi. Untuk tujuan ini, besaran yang tercantum pada Tabel 7 dihitung dan dimasukkan sesuai contoh, masih dalam urutan nilai rata-rata yang meningkat besarnya. Kolom 2 pada Tabel 7 sama dengan Kolom 2 pada Tabel 6. Kolom 3 dan

of Table 7 contain the corresponding coefficients of variation, expressed as percents, that is, the within-laboratory or between-laboratory standard deviation, respectively, divided by the corresponding average and multiplied by 100.

Kolom 4 berisi akar kuadrat dari besaran dalam Kolom 5 dan Kolom 6 dari Tabel 6. Kolom 5 dan Kolom 6 pada Tabel 7 berisi koefisien variasi yang bersangkutan, dinyatakan dalam persen, artinya, dalam-laboratorium atau antar-laboratorium atau simpangan baku antar-laboratorium, secara berurutan, dibagi dengan nilai rata-rata yang bersangkutan dan dikalikan 100.

TABLE 7 Averages, Standard Deviations, and Coefficients of Variation for All Materials

Material	Average ^A	Standard Deviations		Coefficient of Variation	
		Within-Laboratory	Between-Laboratory	Within-Laboratory	Between-Laboratory
A					
B					
C					
D					
E					

^A Listed in increasing order of magnitude

Tabel 7 Rata-rata, deviasi standar dan koefisien variasi untuk semua bahan

Bahan	Rata-rata ^A	Simpangan baku		Koefisien variasi	
		Dalam-laboratorium	Antar-laboratorium	Dalam-laboratorium	Antar-laboratorium
A					
B					
C					
D					
E					

^A Tertera dalam urutan besar meningkat

8.4.1 Determination of Form of Precision Statement—The appropriate form of a precision statement depends on the relationship between the average level of the property measured for the different materials and the within-laboratory and between-laboratory standard deviations. There are three main forms of the relationship that cover most of the cases which are pertinent to ASTM test methods: (a) cases in which the standard deviation is relatively constant over the range of materials; (b) cases in which the standard deviation has an approximately linear relationship with the average level and the coefficient of variation is relatively constant; and (c) cases where the materials fall into two or more distinct groups within which condition (a) or (b) holds approximately, and for each of which a characteristic precision can be determined. In most cases, the determination of which of

8.4.1 Determinasi bentuk pernyataan presisi—Bentuk yang tepat dari pernyataan presisi tergantung pada hubungan antara tingkat rata-rata properti yang diukur untuk bahan yang berbeda dan simpangan baku dalam-laboratorium dan antar-laboratorium. Ada tiga bentuk utama dari hubungan yang berlaku untuk sebagian besar kasus yang berkaitan dengan metode uji ASTM: (a) kasus di mana simpangan baku relatif konstan di seluruh rentang bahan; (b) kasus di mana simpangan baku memiliki hubungan hampir linier dengan level rata-rata dan koefisien variasi yang relatif konstan; dan (c) kasus-kasus di mana bahan jatuh ke dalam dua atau lebih kelompok bahan yang berbeda misalnya sekitar kondisi (a) atau (b), dan untuk masing-masing dapat ditentukan presisi karakteristiknya. Pada kebanyakan kasus, berlaku penentuan cara alternatif ini, atau apakah ada sejumlah situasi yang lebih

these alternatives applies, or whether some more complicated situation exists can be determined for practical purposes by plotting the standard deviations and coefficients of variation against the average level. Two separate graphs, one for the two standard deviations and one for the two coefficients of variation, are usually adequate (see Note 6). If more sophisticated techniques are desired, they may be found in other references (5, 13). The appropriate measures of precision described in 8.4.2-8.4.5 become the indexes of precision as described in Practice C670.

NOTE 6—Usually, the same case should be applicable to both between laboratory and within-laboratory precision. Sometimes, however, one of the two types of measures of precision is dependent on the level and the other is not. In situations like this, it may be possible to select a suitable compromise in order to have the two precision statements in the same form. The advice of a statistical consultant should be obtained.

8.4.2 Constant Standard Deviation—In this case the pooled within-laboratory standard deviation over all materials becomes the single-operator standard deviation or one-sigma limit (1s) and the pooled between-laboratory standard deviation becomes the multilaboratory standard deviation or onesigma limit (1s) as described in Sections 3 and 4 of Practice C670. The pooled standard deviations are derived by adding Columns 5 and 6 of Table 6 for within-laboratory and betweenlaboratory estimates, respectively, dividing each of the two totals by q , and taking the square roots.

8.4.3 Constant Coefficient of Variation—In this case the average within-laboratory coefficient of variation becomes the single-operator, one-sigma limit in percent (1s %) and the average between-laboratory coefficient of variation becomes the multilaboratory one-sigma limit in percent (1s %) as described in 3.1.3 of Practice C670. Since it is not possible to pool coefficients of variation in the same manner as variances and standard deviations, the simple arithmetic averages of Columns 5 and 6 in Table 7 are used.

rumit yang dapat ditentukan untuk tujuan praktis dengan membuat plot simpangan baku dan koefisien variasi terhadap nilai rata-rata. Dua grafik terpisah, satu untuk dua simpangan baku dan satu lagi untuk dua koefisien variasi, biasanya sudah memadai (lihat Catatan 6). Jika diinginkan teknik-teknik yang lebih canggih, teknik-teknik itu dapat ditemukan dalam referensi lain (5, 13). Langkah-langkah pengukuran presisi yang tepat dijelaskan dalam 8.4.2-8.4.5 menjadi indeks-indeks presisi seperti yang dijelaskan dalam ASTM C670.

Catatan 6—Biasanya, kasus yang sama harus berlaku untuk presisi antar laboratorium dan presisi dalam-laboratorium. Meskipun demikian, kadang-kadang, salah satu dari dua jenis ukuran presisi tergantung pada tingkat dan yang lainnya tidak. Dalam situasi semacam ini, dimungkinkan untuk memilih kompromi yang cocok untuk memiliki dua laporan presisi dalam bentuk yang sama. Saran dari konsultan statistik harus diperoleh.

8.4.2 Simpangan baku konstan—Dalam kasus ini simpangan baku terkumpul dalam-laboratorium atas semua bahan menjadi simpangan baku operator tunggal atau limit satu sigma (1s) dan simpangan baku terkumpul antar-laboratorium menjadi simpangan baku multilaboratorium atau limit satu sigma (1s) seperti dijelaskan dalam Pasal 3 dan Pasal 4 ASTM C670. Simpangan baku terkumpul diturunkan dengan menambahkan Kolom 5 dan Kolom 6 pada Tabel 6 untuk estimasi dalam-laboratorium dan antar-laboratorium, berurutan, membagi masing-masing kedua total dengan q , dan diambil akar kuadratnya.

8.4.3 Koefisien variasi konstan—Pada kasus ini koefisien variasi rata-rata dalam-laboratorium menjadi operator tunggal, limit satu-sigma dalam persen (1s %) dan koefisien variasi rata-rata antar-laboratorium menjadi limit satu-sigma multilaboratorium dalam persen (1s %) seperti dijelaskan dalam 3.1.3 ASTM C670. Karena tidak mungkin untuk mengumpulkan koefisien variasi dalam cara sama seperti varians dan simpangan baku, digunakan perhitungan sederhana nilai rata-rata untuk Kolom 5 dan Kolom 6 pada Tabel 7.

8.4.4 Separate Groups with Constant Standard Deviation or Coefficient of Variation (see Note 7)—In this case the single operator and multilaboratory one-sigma limits or one-sigma limits in percent are calculated separately for each group in the same manner as described in 8.4.2 or 8.4.3 above. For each group, the range of average values over which the index of precision applies is supplied with the estimates. Refer to 6.2.2.2 and 6.2.2.3 of Practice C670.

NOTE 7—Situations of the type described in 8.4.4 and 8.4.5 are often indications that something is wrong with the experimental situation or the test method. If the standard deviation and coefficient of variation are so erratic that it is difficult to write an applicable precision statement without giving separate indexes of precision for each material tested in the interlaboratory program, this is very possibly an indication that the test method itself may be subject to erratic variations and may need to be restudied and revised. Also interactions or non-normal distributions may exist in the data. See X1.3.4 and X1.3.5 and Ref. (8). In cases of erratic precision, a precision statement in the test method may really be more misleading than helpful to persons trying to use or interpret the results of the test method. It may actually provide invalid information about what should be expected when the test method is used.

8.4.5 Irregular or Nonlinear Relationship Between Standard Deviation, Coefficient of Variation, and Average Level (see Note 7)—One way of dealing with situations that do not apply to 8.4.2-8.4.4 is to use the largest estimate of the standard deviation or coefficient of variation (whichever comes closest to being constant) and to use the abbreviation "max" after the indexes of precision (see section 6.2.2.1 of Practice C670). This practice should be discouraged because the resulting indexes of precision are certain to be more lenient than they should be. The maximum limit applies strictly to the level at which the maximum standard deviation or coefficient of variation occurred. Tests done at other levels, for which lower precision limits apply, will be judged on the basis of a wider tolerance than they should be. Also, as pointed out in 8.2.2, individual

8.4.4 Kelompok terpisah dengan simpangan baku atau koefisien variasi konstan (lihat Catatan 7)—Pada kasus ini operator tunggal dan limit satu-sigma multilaboratorium atau limit satu-sigma dalam persen dihitung terpisah untuk masing-masing kelompok dengan cara sama seperti dijelaskan dalam 8.4.2 atau 8.4.3 di atas. Untuk setiap kelompok, rentang nilai rata-rata di mana berlaku indeks presisi diberikan dengan estimasi. Lihat 6.2.2.2 dan 6.2.2.3 ASTM C670.

Catatan 7—Situasi tipe yang diuraikan dalam 8.4.4 dan 8.4.5 sering mengindikasikan bahwa ada sesuatu yang salah dengan situasi eksperimen atau metode uji. Jika simpangan baku dan koefisien variasi sangat tidak teratur sehingga sulit untuk menulis pernyataan presisi yang dapat berlaku tanpa memberikan indeks presisi terpisah untuk setiap bahan yang diuji dalam program antar laboratorium, kemungkinan besar ini merupakan indikasi bahwa metode uji itu sendiri memiliki variasi tidak teratur sehingga mungkin perlu dipelajari kembali dan direvisi. Juga interaksi atau distribusi tidak normal mungkin terdapat pada data. Lihat X1.3.4 dan X1.3.5 dan Referensi (8). Dalam kasus presisi tidak teratur, pernyataan presisi dalam metode uji benar-benar dapat lebih menyesatkan daripada membantu bagi orang-orang yang mencoba untuk menggunakan atau menafsirkan hasil-hasil metode uji tersebut. Ini sebenarnya dapat memberikan informasi yang tidak valid tentang apa yang harus diharapkan ketika metode uji digunakan.

8.4.5 Hubungan tidak teratur atau nonlinear antara simpangan baku, koefisien variasi, dan level rata-rata (lihat Catatan 7)—Salah satu cara untuk menghadapi situasi yang tidak berlaku untuk 8.4.2-8.4.4 adalah menggunakan estimasi terbesar dari simpangan baku atau koefisien variasi (mana yang paling dekat untuk menjadi konstanta) dan menggunakan singkatan "max" setelah indeks presisi (lihat pasal 6.2.2.1 ASTM C670). Praktek ini harus diabaikan karena indeks presisi yang dihasilkan pasti akan lebih lunak dari yang seharusnya. Limit maksimum berlaku ketat ke level di mana terjadi simpangan baku atau koefisien variasi maksimum. Pengujian dilakukan pada level lain, dimana berlaku batas presisi yang lebih rendah, akan dinilai berdasarkan toleransi yang lebih luas dari seharusnya. Juga, seperti ditunjukkan pada 8.2.2, estimasi

estimates of variance can vary widely from each other yet still be estimates of the same underlying variance, and it may often be that the pooled or averaged estimates are still the most appropriate ones to use, even if upon superficial examination, the individual variances appear to scatter rather wildly. It is again emphasized that the advice of a statistical consultant is needed here.

varians individual dapat sangat bervariasi satu sama lain namun masih estimasi varians dasar yang sama, dan mungkin sering bahwa estimasi rata-rata terkumpul atau rata-rata masih merupakan yang paling tepat untuk digunakan, bahkan jika pada pemeriksaan sekilas, varians individual muncul tersebar agak tak terkendali. Hal ini kembali menegaskan bahwa di sini dibutuhkan masukan dari seorang konsultan statistik.

8.4.5.1 Cases where the standard deviation or coefficient of variation is a nonlinear function of the average level are dealt with in Ref. (5). Very often the amount of data, especially the number of laboratories and materials, is insufficient to establish the form of such a relationship beyond question, and estimates of precision based on one of the cases already described will serve. In addition, the difficulty of writing a precision statement based on a nonlinear relation, that can be easily understood and applied by the user of a test method indicates that such statements should be avoided if possible.

8.4.5.1 Kasus-kasus dimana simpangan baku atau koefisien variasi merupakan fungsi nonlinier dari level rata-rata dibahas pada Referensi (5). Sangat sering jumlah data, khususnya jumlah laboratorium dan bahan, tidak cukup untuk menentukan bentuk hubungan tersebut tanpa menimbulkan keraguan, dan estimasi presisi berdasarkan salah satu kasus sudah dijelaskan bahwa dapat digunakan. Selain itu, kesulitan dalam menulis pernyataan presisi berdasarkan hubungan yang nonlinier, agar dapat dengan mudah dipahami dan diterapkan oleh pengguna metode uji menunjukkan bahwa pernyataan semacam itu sebaiknya dihindarkan.

APPENDIXES (Nonmandatory Information)

X1. EXAMPLE OF ANALYSIS OF DATA FROM AN INTERLABORATORY STUDY

X1.1 Introduction—The following example is based on data from an interlaboratory study of tests of expansive cements conducted by ASTM Subcommittee C01.12 on Blended Cements.

X1.2 Characteristics of the Study and Data—The major test program was preceded by preliminary tests in three of the participating laboratories, each using a different kind of cement and the test procedures to be used in the major test program. The purpose of the preliminary tests was to determine whether there were any glaring deficiencies connected with the test procedures, and to alter the procedures, if necessary, before undertaking the major test program. This is the screening procedure referred to in 3.1.1 (see Note X1.1).

X1.2.1 In the main test program, eleven laboratories tested five cements for several properties, including restrained and unrestrained expansion of mortar, compressive strength at several ages of unrestrained and restrained modified 2-in. (50.8-mm) cubes, time of setting, false set, and restrained expansion and compressive strength of concrete.

X1.2.2 The data used in this analysis are the 3-day unrestrained compressive strengths of the 2-in. (50.8-mm) mortar cubes. In each laboratory, three rounds of mortar specimens were made with four of the cements, with three cube specimens per round. Four rounds were made with the fifth cement, but in this analysis only the data from the first three rounds reported were used. The average of the three cubes from a single round was used as an individual test result. Thus, the data used constitute a study with $p = 11$ laboratories; $q =$ five materials; and $n =$ three replicates (each an average of three specimens). Certain minor adjustments were made in the data in order to present a better

LAMPIRAN (Informatif)

X1. CONTOH ANALISIS DATA DARI SEBUAH STUDI ANTAR LABORATORIUM

X1.1 Pendahuluan—Contoh berikut didasarkan pada data dari sebuah studi antar laboratorium tentang uji semen ekspansif yang dilakukan oleh Sub-komite ASTM C01.12 pada Semen Campuran.

X1.2 Karakteristik studi dan data—Program uji utama didahului dengan uji-uji awal pada tiga laboratorium yang berpartisipasi, masing-masing menggunakan berbagai jenis semen dan prosedur uji yang akan digunakan dalam program uji utama. Tujuan dari uji awal adalah untuk menentukan apakah ada kekurangan mencolok yang berhubungan dengan prosedur uji, dan untuk mengubah prosedur, jika perlu, sebelum melakukan program uji utama. Ini adalah prosedur skrining yang disebutkan dalam 3.1.1 (lihat Catatan X1.1).

X1.2.1 Dalam program uji utama, sebelas laboratorium menguji beberapa properti dari lima semen, termasuk pengembangan mortar dalam kondisi ditahan dan tidak ditahan, kekuatan tekan pada beberapa umur dari kubus-kubus 50,8 mm dalam kondisi ditahan dan tidak ditahan, waktu pengikatan, pengikatan semu, serta pengembangan dan kekuatan tekan beton yang ditahan.

X1.2.2 Data yang digunakan dalam analisis ini adalah kekuatan tekan 3 hari dalam kondisi tidak ditahan dari kubus-kubus mortar 50,8 mm. Di setiap laboratorium, tiga siklus spesimen mortar dibuat dengan empat dari lima semen, dengan tiga spesimen kubus per siklus. Empat siklus dibuat dengan semen kelima, tetapi dalam analisis ini hanya data dari tiga siklus pertama yang dilaporkan digunakan. Nilai rata-rata dari tiga kubus pada sebuah siklus tunggal digunakan sebagai hasil uji individual. Karena itu, data yang digunakan merupakan studi dengan $p = 11$ laboratorium, $q =$ lima bahan, dan $n =$ tiga replika (masing-masing adalah rata-rata tiga spesimen). Penyesuaian minor tertentu dibuat pada data

illustration of the technique of analyzing the results of an interlaboratory study, but the data are essentially as reported by the laboratories.

X1.3 Analysis of Data:

NOTE X1.1—Since the discussion and tables following constitute directions for manipulating the numbers only, and what is of interest is the process of analysis itself, rather than the analyzed data, it is not deemed appropriate to include metric equivalents, and in the tables, no units at all are given. Units in both systems, however, are given in the finished precision statements, which are examples of what would be published as a result of the analysis. For those who are interested in converting the numbers, however, the following information is given:

- (1) All the numbers given are in psi or (psi)².
- (2) For individual values, averages, and sums of individual values,
psi 3 6.9 5 kPa and
psi 3 0.0069 5 MPa.
- (3) For sums of squares, variances, etc.
(psi)² x 47,54= (kPa)²

X1.3.1 Step 1: Assembling the Data—Table X1.1 shows the data sheet for one laboratory for all the tests. The individual cube values and averages for each round are given. In this laboratory, the individual results are given to the nearest 25 psi, which is the case with most of the compressive strength data from the study. Some of the laboratories, however, gave results of individual cube strengths to the nearest 1 psi. The testing machines used in testing 2-in. cubes generally are graduated to 50-lb intervals and can be estimated to half a graduation. The total load is divided by four to get pounds per square inch. Some laboratories give individual results to the nearest 25 psi and some to the nearest 50 psi. Others round the result of the division to the nearest 1 psi, which gives different results in the final digit depending on whether or not half divisions on the dial are estimated and how the results of the division are rounded. In addition, different methods were used in averaging the three individual cube measurements to get a test result.

untuk menyajikan ilustrasi yang lebih baik dari teknik menganalisis hasil-hasil dari suatu studi antar laboratorium, namun data pada dasarnya seperti yang dilaporkan oleh laboratorium-laboratorium.

X1.3 Analisis data:

Catatan X1.1—Karena diskusi dan tabel berikut merupakan petunjuk untuk memanipulasi angka-angka saja, dan yang menarik adalah proses analisis itu sendiri, bukan data yang dianalisis, dianggap tidak tepat untuk mencantumkan konversi ke metrik, dan dalam tabel-tabel, satuan sama sekali tidak diberikan. Meskipun demikian, satuan pada kedua sistem diberikan pada pernyataan presisi akhir, yang merupakan contoh dari apa yang harus dipublikasikan sebagai hasil analisis. Meskipun demikian, bagi mereka yang berminat mengkonversi angka, diberikan informasi berikut:

- (1) Semua angka dalam psi atau (psi)².
- (2) Untuk nilai individual, rata-rata, dan jumlah nilai individual,
psi x 6,9 = kPa
psi x 0,0069 = MPa
- (3) Untuk jumlah kuadrat, varians, dan seterusnya,
(psi)² x 47,54= (kPa)²

X1.3.1 Langkah 1: Perakitan Data—Tabel X1.1 memperlihatkan lembar data dari satu laboratorium untuk semua pengujian. Nilai-nilai kubus individual dan rata-ratanya diberikan untuk setiap siklus. Di laboratorium ini, hasil-hasil individual dibulatkan ke 25 psi terdekat, yang merupakan kasus untuk sebagian besar data kuat tekan yang diteliti. Meskipun demikian, beberapa laboratorium memberikan hasil kekuatan kubus individual ke 1 psi terdekat. Mesin-mesin uji yang digunakan untuk menguji kubus 2 inci umumnya memiliki interval bacaan 50 lb dan dapat diestimasi sampai setengahnya. Beban total dibagi dengan 4 untuk mendapatkan hasilnya dalam psi. Beberapa laboratorium membulatkan hasil individual ke 25 psi terdekat dan yang lain ke 50 psi terdekat. Lainnya membulatkan hasil bagi ke 1 psi terdekat, yang memberikan hasil-hasil berbeda pada digit final tergantung pada ya tidaknya setengah interval bacaan diperkirakan dan bagaimana pembulatan pada hasil baginya. Sebagai tambahan, metode berbeda digunakan dalam merata-rata ukuran tiga kubus individual untuk mendapatkan hasil

uji.

TABLE X1.1 Data Sheet for Interlaboratory Test for Compressive Strength of 2 by 2-in. (50.8 by 50.8-mm) Mortar Cubes at 3 Days

Laboratory: ABC Testing Agency, Washington, DC						
Round	Specimen	Material				
		A	B	C	D	E
1	1	2950	3750	2750	1775	2025
	2	2800	3575	2825	1875	2075
	3	2825	3825	2800	1900	2100
	Avg.	2858	3717	2792	1850	2067
2	1	2875	3800	2775	2025	2225
	2	2875	4050	2900	2025	2275
	3	2850	3925	2725	2025	2225
	Avg.	2867	3925	2800	2020	2242
3	1	2875	3925	2625	1975	2075
	2	2875	3925	2775	1975	2100
	3	2975	4000	2650	1975	2125
	Avg.	2908	3950	2683	1980	2100

Tabel X1.1 Contoh lembar data untuk uji antar laboratorium untuk kekuatan tekan kubus mortar 50,8 x 50,8 mm (2 x 2 in.) pada umur 3 hari

Laboratorium: (nama laboratorium penguji)						
Replika	Spesimen	Bahan				
		A	B	C	D	E
1	1	2950	3750	2750	1775	2025
	2	2800	3575	2825	1875	2075
	3	2825	3825	2800	1900	2100
	Rata-rata	2858	3717	2792	1850	2067
2	1	2875	3800	2775	2025	2225
	2	2875	4050	2900	2025	2275
	3	2850	3925	2725	2025	2225
	Rata-rata	2867	3925	2800	2025	2242
3	1	2875	3925	2625	1975	2075
	2	2875	3925	2775	1975	2100
	3	2975	4000	2650	1975	2125
	Rata-rata	2908	3950	2683	1975	2100

X1.3.1.1 In setting up the instructions for an interlaboratory study, directions for handling details such as this should be spelled out, so that the laboratories use the same procedure. In the analysis presented here, the individual cube results were used as reported, and the averages of the three were recalculated and rounded to the nearest 1 psi in cases where the averages given by the laboratories had been rounded to the nearest 10 psi.

X1.3.1.1 Dalam menyiapkan instruksi untuk studi antar laboratorium, arahan untuk menangani rincian semacam ini harus dinyatakan dengan jelas, sehingga semua laboratorium menggunakan prosedur yang sama. Dalam analisis yang disajikan di sini, hasil kubus individual digunakan sesuai yang dilaporkan, dan rata-rata dari tiga dihitung kembali dan dibulatkan ke 1 psi terdekat dalam kasus di mana rata-rata yang diberikan oleh laboratorium telah dibulatkan ke 10 psi terdekat.

X1.3.1.2 Table X1.2 is a Summary Data Sheet for all laboratories and all materials. The individual entries are the averages of the three cubes per round. The arithmetic labor of an analysis such as this can often be reduced by coding the data, that is, by subtracting a constant from all the numbers. This treatment has no effect on the variances and standard deviations that form the essential parts of the estimates of precision. Averages are reduced by the amount of the constant subtracted and can be restored by merely adding it again. The practice is helpful in avoiding difficulties that sometimes arise from squaring and summing the squares of large numbers when a calculator that carries a limited number of digits is used. The data were not coded for the analysis given in this example, but they could have been. For Material A, with Laboratory 2 excluded (see X1.3.3.1), the subtraction of 2550 (or any number in the range 2526 to 2567) would have reduced all the data to three-digit numbers. The most appropriate number would have been different for the different materials.

X1.3.1.2 Tabel X1.2 adalah Lembar Ringkasan Data untuk semua laboratorium dan semua bahan. Entri individual adalah rata-rata dari tiga kubus per siklus. Kerja hitung pada analisis semacam ini sering dapat direduksi dengan membuat kode data, yaitu dengan mengurangi sebuah konstanta dari semua angka. Tindakan ini tidak mempunyai efek pada varians dan simpangan baku yang merupakan bagian esensial dari perkiraan presisi. Rata-rata yang direduksi dengan nilai konstan pengurang dan dapat dikembalikan dengan hanya menambahkannya lagi. Praktek ini sangat membantu dalam menghindari kesulitan yang kadang-kadang muncul dari mengkuadratkan dan menjumlahkan kuadrat angka yang besar ketika kalkulator yang digunakan jumlah digitnya terbatas. Data tidak dikodekan untuk analisis yang diberikan dalam contoh ini, tetapi ada kemungkinan sudah. Untuk Bahan A, dengan Laboratorium 2 dikecualikan (lihat X1.3.3.1), pengurangan dari 2550 (atau nilai sembarang apapun dalam rentang 2526 sampai 2567) akan mengurangi semua data menjadi angka tiga digit. Angka yang paling tepat akan berbeda untuk bahan yang berbeda.

Table X1.2 Summary data sheet for interlaboratory test program for compressive strength of 2 by 2-in. (50.8 by 50.8-mm) mortar cubes at 3 days

Laboratory		Material				
		A	B	C	D	E
1	a	2858	3717	2792	1850	2067
	b	2867	3925	2800	2025	2242
	c	2908	3950	2683	1975	2100
2	a	1813	2382	1737	1784	1314
	b	2388	3588	2475	1992	2113
	c	2625	3396	2321	1825	1650
3	a	3083	3750	2867	1757	2100
	b	3033	3600	2908	1758	2058
	c	3158	3667	2825	1803	1937
4	a	2783	3783	2608	1925	2175
	b	2692	3867	2800	1925	2125
	c	2817	3800	2600	1808	2042
5	a	3098	3742	2575	1675	2000
	b	3133	3617	2958	1983	2125
	c	3058	3392	2817	1875	2092
6	a	3263	4117	2850	2204	2529
	b	3259	4325	2917	2171	2596
	c	3300	4004	3025	2163	2525
7	a	3225	3983	2717	1867	2250
	b	3125	3817	2533	1875	2242
	c	2850	3550	2775	1925	2300
8	a	3267	4075	2950	2166	2358
	b	3525	4425	3317	2383	2442
	c	3158	4025	3075	2217	2200
9	a	3177	3920	2747	1978	2203
	b	3230	3933	2800	1983	2200
	c	3303	4000	2797	1973	2215
10	a	2840	3907	2425	1767	1942
	b	2858	3858	2158	1817	2000
	c	2667	3967	2600	1883	2067
11	a	2967	3775	2658	1850	1900
	b	2900	3842	2600	1865	1992
	c	3033	3758	2675	1867	2025

Tabel X1.2 Lembar ringkasan data program uji antar laboratorium untuk kekuatan tekan kubus mortar 50,8 x 50,8 mm (2 x 2 in.) pada umur 3 hari

Laboratorium	Rata-rata replika	Bahan				
		A	B	C	D	E
1	a	2858	3717	2792	1850	2067
	b	2867	3925	2800	2025	2242
	c	2908	3950	2683	1975	2100
2	a	1813	2382	1737	1784	1314
	b	2388	3588	2475	1992	2113
	c	2625	3396	2321	1825	1650
3	a	3083	3750	2867	1757	2100
	b	3033	3600	2908	1758	2058
	c	3158	3667	2825	1803	1937
4	a	2783	3783	2608	1925	2175
	b	2692	3867	2800	1925	2125
	c	2817	3800	2600	1808	2042
5	a	3098	3742	2575	1675	2000
	b	3133	3617	2958	1983	2125
	c	3058	3392	2817	1875	2092
6	a	3263	4117	2850	2204	2529
	b	3259	4325	2917	2171	2596
	c	3300	4004	3025	2163	2525
7	a	3225	3983	2717	1867	2250
	b	3125	3817	2533	1875	2242
	c	2850	3550	2775	1925	2300
8	a	3267	4075	2950	2166	2358
	b	3525	4425	3317	2383	2442
	c	3158	4025	3075	2217	2200
9	a	3177	3920	2747	1978	2203
	b	3230	3933	2800	1983	2200
	c	3303	4000	2797	1973	2215
10	a	2840	3907	2425	1767	1942
	b	2858	3858	2158	1817	2000
	c	2667	3967	2600	1883	2067
11	a	2967	3775	2658	1850	1900
	b	2900	3842	2600	1865	1992
	c	3033	3758	2675	1867	2025

X1.3.2 Step 2: Processing for Outliers—The criterion given by Dixon and Massey (10) was used to examine the sets of three cubes per round and of three rounds per material in a laboratory for outliers. The only cases that exceeded the critical value of 0.988 were cases in which two of the figures were identical, in which case any difference of the third measurement, however small, results in a calculated statistic of 1.00, and the method breaks down. Thus, no outliers were eliminated.

X1.3.2 Langkah 2: Pemrosesan hasil uji yang menyimpang—Kriteria yang diberikan oleh Dixon dan Massey (10) telah digunakan untuk menguji hasil uji yang menyimpang pada set yang terdiri dari tiga kubus per kelompok dan tiga kelompok per bahan di satu laboratorium. Hanya kasus-kasus yang melebihi nilai kritis 0,988 merupakan kasus-kasus dimana keduanya identik, dimana pada kasus itu perbedaan pengukuran ketiga, betapapun kecilnya, menghasilkan statistik terhitung sebesar 1,00, dan metode tersebut mengalami kegagalan. Dengan demikian, tidak ada hasil uji yang menyimpang yang dieliminasi.

X1.3.3 Step 3: Between and Within Analysis for All Materials—Tables X1.3-X1.7 (see Table 3) show the results of the between and within analysis for the various materials tested. The data given under headings a, b, and c are the replicate

X1.3.3 Langkah 3: Analisis dalam laboratorium dan antar laboratorium untuk semua bahan—Tabel X1.3 sampai X1.7 (lihat Tabel 3) memuat hasil analisis antar dan dalam laboratorium untuk berbagai bahan yang diuji. Data yang diberi judul

measurements for the given material for each laboratory, taken from the Summary Data Sheet. The \bar{x}_i and s_i^2 are obtained as described in 8.2.

a, b, dan c adalah hasil replika ukuran untuk bahan tersebut untuk setiap laboratorium, yang diambil dari Lembar Ringkasan Data. Nilai \bar{X}_i dan S_i^2 diperoleh sesuai yang diuraikan dalam 8.2.

TABLE X1.3 Between and Within Analysis for Material A^{A,B}

Laboratory	Data			Average \bar{x}_i	Within-Laboratory Variance s_i^2
	a	b	c		
1	2858	2867	2908	2878	718
2	1813	2388	2625	2275	174 356
3	3083	3033	3158	3091	3958
4	2783	2692	2817	2764	4177
5	3098	3133	3058	3096	1408
6	3263	3259	3300	3274	511
7	3225	3125	2850	3067	37 708
8	3267	3525	3158	3317	35 522
9	3177	3230	3303	3237	4002
10	2840	2858	2667	2788	11 122
11	2967	2900	3033	2967	4422

^A $p = 11$ laboratories

$n = 3$ replicate test results

\bar{x} (with Lab. 2) = 2978

s_A^2 (pooled, with Lab. 2) = 25 263

\bar{x}_A (without Lab. 2) = 3048

s_A^2 (pooled, without Lab. 2) = 10 355

$s_{\bar{x}_A}^2 = 38 566$

$s_{L_A}^2 = 35 114$

^B The ratio of high variance to the sum of the variances = 0.6274, the ratio of the high variance to the low variance (with Lab. 2) = 341, and the ratio of the high variance to the low variance (without Lab. 2) = 74.

Tabel X1.3 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan A^{A,B}

Laboratorium	Data			Rata-rata \bar{X}_i	Varians dalam-laboratorium S_i^2
	A	B	C		
1	2858	2867	2908	2878	710
2	1813	2388	2625	2275	174 356
3	3083	3033	3158	3091	3958
4	2783	2692	2817	2764	4177
5	3098	3133	3058	3096	1408
6	3263	3259	3300	3274	511
7	3225	3125	2850	3067	37 708
8	3267	3525	3158	3317	35 522
9	3177	3230	3303	3237	4002
10	2840	2858	2667	2788	11 122
11	2967	2900	3033	2967	4422

^A $p = 11$ laboratorium
 $n = 3$ hasil uji replika

\bar{X}_A (dengan Laboratorium 2) = 2978

S_A^2 (terkumpul, dengan Laboratorium 2) = 25 264

\bar{X}_A (tanpa Laboratorium 2) = 3048

S_A^2 (terkumpul, tanpa Laboratorium 2) = 10 354

$S_{\bar{X}_A}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 38 570

$S_{L_A}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 35 118

^B Rasio dari varians tinggi terhadap jumlah varians(dengan Laboratorium 2) = 0,6274, rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (dengan Laboratorium 2) = 341, dan rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (tanpa Laboratorium 2) = 74.

TABLE X1.4 Between and Within Analysis for Material B^A

Laboratory	Data			Average \bar{x}_i	Within-Laboratory Variance s_i^2
	a	b	c		
1	3717	3925	3950	3864	16 412
2	2383	3588	3396	3122	419 176
3	3750	3600	3667	3672	5646
4	3783	3867	3800	3817	1972
5	3742	3617	3392	3584	31 458
6	4117	4325	4004	4149	26 512
7	3983	3817	3550	3783	47 722
8	4075	4425	4025	4175	47 500
9	3920	3933	4000	3951	1843
10	3907	3858	3967	3911	2980
11	3775	3842	3758	3792	1972

^A $p = 11$ laboratories

$n = 3$ replicate test results

\bar{x}_B (with Lab. 2) = 3802

s_B^2 (pooled, with Lab. 2) = 54 831

\bar{x}_B (without Lab. 2) = 3870

s_B^2 (pooled, without Lab. 2) = 18 402

$s_{\bar{x}_B}^2 = 35 165$

$s_{LB}^2 = 29 031$

The ratio of the high variance to the sum of the variances = 0.6950, the ratio of the high variance to the low variance (with Lab. 2) = 227, and the ratio of the high variance to the low variance (without Lab. 2) = 26.

Tabel X1.4 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan B^A

Laboratorium	Data			Rata-rata \bar{X}_i	Varians dalam-laboratorium S_i^2
	a	b	c		
1	3717	3925	3950	3864	16 363
2	2382	3588	3396	3122	419 916
3	3750	3600	3667	3672	5646
4	3783	3867	3800	3817	1972
5	3742	3617	3392	3584	31 458
6	4117	4325	4004	4149	26 512
7	3983	3817	3550	3783	47 722
8	4075	4425	4025	4175	47 500
9	3920	3933	4000	3951	1843
10	3907	3858	3967	3911	2980
11	3775	3842	3758	3792	1972

^A $p = 11$ laboratorium
 $n = 3$ hasil uji replika

\bar{X}_B (dengan Laboratorium 2) = 3802

S_B^2 (terkumpul, dengan Laboratorium 2) = 54 899

\bar{X}_B (tanpa Laboratorium 2) = 3870

S_B^2 (terkumpul, dengan Laboratorium 2) = 18 397

$S_{\bar{X}_B}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 35 165

$S_{L_B}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 29 032

Rasio dari varians tinggi terhadap jumlah varians (dengan Laboratorium 2) = 0,6954, rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (dengan Laboratorium 2) = 228, dan rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (tanpa Laboratorium 2) = 24.

TABLE X1.5 Between and Within Analysis for Material C^A

Laboratory	Data			Average \bar{x}_i	Within-Laboratory Variance s_i^2
	a	b	c		
1	2792	2800	2683	2758	4236
2	1737	2475	2321	2178	151 569
3	2867	2908	2825	2867	1722
4	2608	2800	2600	2669	12 821
5	2575	2958	2817	2783	37 522
6	2850	2917	3025	2931	7796
7	2717	2533	2775	2675	15 964
8	2950	3317	3075	3114	34 813
9	2747	2800	2797	2781	886
10	2425	2158	2600	2394	49 546
11	2658	2600	2675	2644	1546

^A $p = 11$ laboratories

$n = 3$ replicate test results

\bar{x}_C (with Lab. 2) = 2709

s_C^2 (pooled, with Lab. 2) = 28 951

\bar{x}_C (without Lab. 2) = 2762

s_C^2 (pooled, without Lab. 2) = 16 685

$s_{x_C}^2 = 36 592$

$s_{LC}^2 = 31 031$

The ratio of the high variance to the sum of variances = 0.4759, the ratio of the high variance to the low variance (with Lab. 2) = 171, and the ratio of the high variance to the low variance (without Lab. 2) = 56.

Tabel X1.5 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan C^A

Laboratorium	Data			Rata-rata \bar{X}_i	Varians dalam-laboratorium S_i^2
	a	b	c		
1	2792	2800	2683	2758	4236
2	1737	2475	2321	2178	151 569
3	2867	2908	2825	2867	1722
4	2608	2800	2600	2669	12 821
5	2575	2958	2817	2783	37 522
6	2850	2917	3025	2931	7796
7	2717	2533	2775	2675	15 964
8	2950	3317	3075	3114	34 813
9	2747	2800	2797	2781	886
10	2425	2158	2600	2394	49 546
11	2658	2600	2675	2644	1546

^A $p = 11$ laboratorium $n = 3$ hasil uji replika \bar{X}_C (dengan Laboratorium 2) = 2709 S_C^2 (terkumpul, dengan Laboratorium 2) = 28 951 \bar{X}_C (tanpa Laboratorium 2) = 2762 S_C^2 (terkumpul, tanpa Laboratorium 2) = 16 689 $S_{\bar{X}_C}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 36 592 $S_{L_C}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 31 029

Rasio dari varians tinggi terhadap jumlah varians (dengan Laboratorium 2) = 0,4759, rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (dengan Laboratorium 2) = 171, dan rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (tanpa Laboratorium 2) = 56.

TABLE X1.6 Between and Within Analysis for Material D^A

Laboratory	Data			Average \bar{x}_i^2	Within-Laboratory Variance s_i^2
	a	b	c		
1	1850	2025	1975	1950	8125
2	1784	1992	1825	1867	12 139
3	1757	1758	1803	1773	700
4	1925	1925	1808	1886	4563
5	1675	1983	1875	1844	24 421
6	2204	2171	2163	2179	472
7	1867	1875	1925	1889	988
8	2166	2383	2217	2255	12 874
9	1978	1983	1973	1973	25
10	1767	1817	1883	1822	3385
11	1850	1865	1867	1861	86

^A $p = 11$ laboratories $n = 3$ replicate test results \bar{x}_D (with Lab. 9) = 1937 s_D^2 (pooled, with Lab. 9) = 6162 \bar{x}_D (without Lab. 9) = 1933 s_D^2 (pooled, without Lab. 9) = 6776 $s_{\bar{x}_D}^2 = 24\ 931$ $s_{L_D}^2 = 22\ 672$

The ratio of the high variance to the sum of the variance = 0.3604, the ratio of the high variance to the low variance (with Lab. 9) = 977, and the ratio of the high variance to the low variance (without Lab. 9) = 284.

Tabel X1.6 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan D^A

Laboratorium	Data			Rata-rata \bar{X}_i	Varians dalam-laboratorium S_i^2
	a	b	c		
1	1850	2025	1975	1950	8125
2	1784	1922	1825	1867	12 139
3	1757	1758	1803	1773	700
4	1925	1925	1808	1886	4563
5	1675	1983	1875	1844	24 421
6	2204	2171	2163	2179	472
7	1867	1875	1925	1889	988
8	2166	2383	2217	2255	12 874
9	1978	1983	1973	1978	25
10	1767	1817	1883	1822	3385
11	1850	1865	1867	1861	86

^A $p = 11$ laboratorium
 $n = 3$ hasil uji replika

\bar{X}_D (dengan Laboratorium 9) = 1937

S_D^2 (terkumpul, dengan Laboratorium 9) = 6161

\bar{X}_D (tanpa Laboratorium 9) = 1933

S_D^2 (terkumpul, tanpa Laboratorium 9) = 6775

$S_{\bar{X}_D}^2$ (tanpa Laboratorium 9) = 24 935

$S_{L_D}^2$ (tanpa Laboratorium 9) = 22 677

Rasio dari varians tinggi terhadap jumlah varians (dengan Laboratorium 9) = 0,3604, rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (dengan Laboratorium 9) = 977, dan rasio varians tinggi terhadap varians rendah (tanpa Laboratorium 9) = 283.

TABLE X1.7 Between and Within Analysis for Material E^A

Laboratory	Data			Average \bar{x}_i^2	Within-Laboratory Variance s_i^2
	a	b	c		
1	2067	2242	2100	2136	8634
2	1314	2113	1650	1692	160 944
3	2100	2058	1937	2032	7162
4	2175	2125	2042	2114	4513
5	2000	2125	2092	2072	4196
6	2529	2596	2525	2550	1591
7	2250	2242	2300	2264	988
8	2358	2442	2200	2333	15 097
9	2203	2200	2215	2206	63
10	1942	2000	2067	2003	3913
11	1900	1992	2025	1972	4196

^A $p = 11$ laboratories

$n = 3$ replicate test results

\bar{x}_E (with Lab. 2) = 2125

s_E^2 (pooled, with Lab. 2) = 19 210

\bar{x}_E (without Lab. 2) = 2168

s_E^2 (pooled, without Lab. 2) = 5035

$s_{\bar{x}_E}^2 = 31 233$

$s_{L_E}^2 = 29 555$

The ratio of the high variance to the sum of the variances = 0.7616, the ratio of the high variance to the low variance (with Lab. 2) = 2555, and the ratio of the high variance to the low variance (without Lab. 2) = 240.

Tabel X1.7 Analisis antar dan dalam laboratorium untuk bahan E^A

Laboratorium	Data			Rata-rata \bar{X}_i	Varians dalam-laboratorium S_i^2
	a	b	c		
1	2067	2242	2100	2136	8646
2	1314	2113	1650	1692	160 944
3	2100	2058	1937	2032	7162
4	2175	2125	2042	2114	4513
5	2000	2125	2092	2072	4196
6	2529	2596	2525	2550	1591
7	2250	2242	2300	2264	988
8	2358	2442	2200	2333	15 097
9	2203	2200	2215	2206	63
10	1942	2000	2067	2003	3913
11	1900	1992	2025	1972	4196

^A $p = 11$ laboratorium

$n = 3$ hasil uji replika

\bar{X}_E (dengan Laboratorium 2) = 2125

S_E^2 (terkumpul, dengan Laboratorium 2) = 19 210

\bar{X}_E (tanpa Laboratorium 2) = 2168

S_E^2 (terkumpul, tanpa Laboratorium 2) = 5037

$S_{\bar{X}_E}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 31 232

$S_{L_E}^2$ (tanpa Laboratorium 2) = 29 553

Rasio dari varians tinggi terhadap jumlah varians (dengan Laboratorium 2) = 0,7616, rasio dari varians tinggi terhadap varians rendah (dengan Laboratorium 2) = 2555, dan rasio varians tinggi terhadap varians rendah (tanpa Laboratorium 2) = 240.

X1.3.3.1 These tables show two values of \bar{x} and s^2 (pooled) for each material, one pair calculated with Laboratory 2 included, and one without Laboratory 2. This is done because it quickly became evident, as discussed further below, that the results of Laboratory 2 differed radically from those of the other ten laboratories. Laboratory 2 had a variance from 4 to 10 times as large as the second highest variance for four of the five materials. It also had the lowest average in four out of the five cases, by quite a large margin. The components of variance used in the analysis, therefore, were those calculated with Laboratory 2 excluded. The final analysis, thus, was based on

$p = 10$ laboratories, $q = 5$ materials, and $n = 3$ replicates.

X1.3.3.1 Tabel-tabel ini memuat dua nilai \bar{X} dan S^2 (terkumpul) untuk setiap bahan, satu pasang dihitung dengan Laboratorium 2 termasuk, dan satunya tanpa Laboratorium 2. Hal ini dilakukan karena dengan cepat terbukti, seperti yang didiskusikan lebih lanjut di bawah ini, bahwa hasil-hasil Laboratorium 2 berbeda secara radikal dari sepuluh laboratorium lainnya. Laboratorium 2 memiliki varians yang 4 sampai 10 kali besarnya varians tertinggi kedua untuk empat dari lima macam bahan. Laboratorium 2 juga memiliki nilai rata-rata terendah pada empat dari lima kasus, dengan margin yang sungguh besar. Karena itu, komponen-komponen varians yang digunakan pada analisis ini adalah yang dihitung dengan laboratorium 2 tidak termasuk. Maka, analisis final didasarkan pada $p = 10$ laboratorium, $q = 5$ bahan, dan $n = 3$ replika.

X1.3.3.2 Tabel X1.8 adalah lembar kerja yang

X1.3.3.2 Table X1.10 is a work sheet showing in detail how the calculations were done for Material A, with Laboratory 2 excluded. Rows 1 through 3 are the individual measurements from the columns headed a, b, and c in Table 3. Row 4 contains the sums of the three replicate measurements, and Row 5 contains the individual averages entered under \bar{x}_i in Table 3. Row 6 contains the sums of the squares of the three replicate measurements for each laboratory. Row 7 contains the quantities obtained by squaring the averages in Row 5 and multiplying by 3 (the number of replicates) (see Note X1.2). Row 8 gives the differences between the values in Rows 6 and 7 and corresponds to the numerator in the equation for s_i^2 (see 8.2). Row 9 contains the s_i^2 obtained by dividing Row 8 by $n - 1$, in this case, 2. The column headed Sum contains the sums of the \bar{x}_i and the s_i^2 in Rows 5 and 9, respectively. The column headed Average contains the two sums divided by 10, the number of laboratories. These two figures are \bar{x}_A and s_A^2 , respectively. The four figures in the last column headed Sum of Squares are (a) the sum of the squares of the values in Row 5; (b) 10 times the square of the average \bar{x}_i , 3048; (c) the difference between (a) and (b); and (d) the number (c) divided by 9, or one less than the number of laboratories.

memperlihatkan dengan rinci bagaimana perhitungan-perhitungan yang telah dikerjakan untuk Bahan A, dengan Laboratorium 2 tidak termasuk. Baris 1 sampai 3 adalah pengukuran individual dari kolom-kolom berjudul a, b, dan c pada Tabel 3. Baris 4 adalah jumlah dari tiga replika pengukuran, dan baris 5 adalah nilai rata-rata individual yang dimasukkan di bawah \bar{X}_i pada Tabel 3. Baris 6 berisi jumlah kuadrat dari tiga replika pengukuran untuk setiap laboratorium. Baris 7 berisi besaran yang diperoleh dengan mengkuadratkan nilai rata-rata di baris 5 dan dikalikan dengan 3 (banyaknya replika) (lihat Catatan X1.2). Baris 8 berisi selisih nilai baris 6 dan baris 7 dan berkaitan dengan penomoran pada persamaan untuk s_i^2 (lihat 8.2). Baris 9 berisi s_i^2 yang didapat dari membagi baris 8 dengan $n - 1$ yang pada kasus ini adalah 2. Kolom berjudul jumlah adalah jumlah dari \bar{X}_i dan s_i^2 pada baris 5 dan 9 secara berurutan. Kolom berjudul rata-rata adalah kedua jumlah dibagi 10, yaitu jumlah laboratorium. Keduanya adalah \bar{X}_A dan s_A^2 , secara berurutan. Kolom terakhir yang berjudul jumlah kuadrat adalah: (a) Jumlah kuadrat nilai-nilai di baris 5; (b) 10 kali kuadrat nilai rata-rata \bar{X}_i , 3048; (c) selisih antara (a) dan (b); dan (d) adalah (c) dibagi 9, yaitu jumlah laboratorium partisipan yang diperhitungkan dikurangi satu.

TABLE X1.8 Averages, Components of Variance, and Variances for All Materials

Material	Average	Components of Variance		Variances ^A	
		W/L	B/L	W/L	B/L
D	1932.68	6775.5	22 672.5	6775.5	29 448.0
E	2168.28	5035.5	29 554.8	5035.5	34 590.3
C	2761.73	16 685.4	31 030.6	16 685.4	47 716.0
A	3047.84	10 355.0	35 114.0	10 355.0	45 469.0
B	3869.69	18 401.9	29 030.6	18 401.9	47 432.5

^A Based on one measurement on each material in each laboratory.

Tabel X1.8 Rata-rata, komponen varians dan varians untuk semua bahan

Bahan	Rata-rata	Komponen varians		Varians ^A	
		W/L	B/L	W/L	B/L
D	1933	6775	22 677	6775	29 452
E	2168	5037	29 553	5037	34 590
C	2762	16 689	31 029	16 689	47 718
A	3048	10 354	35 118	10 354	45 472
B	3870	18 397	29 032	18 397	47 429

^ABerdasarkan pada satu pengukuran pada setiap bahan dalam setiap laboratorium.

NOTE X1.2—It will be noted that the quantities obtained by squaring the \bar{X}_i 's in Row 5 and multiplying by 3 do not agree in all cases with those given in Row 7. This is due to the rounding error involved in calculating the averages. All the \bar{X}_i 's are given to the nearest unit. In the two cases (Laboratories 4 and 6) where $\sum x_i$ is an exact multiple of 3 and there is no rounding error, $3\bar{X}_i^2$ in Row 7 agrees with the quantity obtained by using the \bar{X}_i from Row 5. The quantities in Row 5 in Table X1.10 were obtained by retaining all 10 digits that resulted from the division of $\sum x_i$ by 3 and squaring this result, not by squaring the rounded \bar{X}_i 's. This will usually take care of the rounding error. Another method of avoiding the effects of rounding error is to use the formula $(\sum x_i)^2 / n$ in place of $n\bar{X}_i^2$. In the example, square the (x_i) in Row 4 and divide by 3 to get the quantities for Row 7. The sum and average in the two columns to the right of column 11 were obtained by summing the rounded \bar{X}_i 's, but in this case the rounding error tends to be averaged out over the ten laboratories. Rounding error could be avoided entirely here also, by (a) using the full ten or more digits provided by the calculator to get the sum of the \bar{X}_i 's or (b) by summing the $10\sum \bar{X}_i$'s and then dividing by 30 (which is pn) to get \bar{X}_A , the average \bar{X} .

Catatan X1.2—Perlu dicatat bahwa besaran-besaran yang didapat dari mengkuadratkan \bar{X}_i pada baris 5 dan dikalikan 3 tidak cocok untuk semua kasus pada baris 7. Ini adalah akibat kesalahan pembulatan yang terjadi ketika menghitung nilai rata-rata. Semua \bar{X}_i dibulatkan ke satuan terdekat. Pada dua kasus (Laboratorium 4 dan 6) dimana $\sum x_i$ adalah eksak dikalikan 3 dan tidak ada kesalahan pembulatan, $3\bar{X}_i^2$ pada baris 7 cocok dengan besaran yang diperoleh dengan menggunakan \bar{X}_i dari baris 5. Besaran-besaran pada baris 5 dalam Tabel X1.10 didapat dengan menahan semua 10 digit yang dihasilkan dari membagi $\sum x_i$ dengan 3 dan mengkuadratkan hasil ini, tidak dengan mengkuadratkan \bar{X}_i yang telah dibulatkan. Langkah semacam ini biasanya memperkecil kesalahan akibat pembulatan. Metode lain untuk menghindari efek kesalahan pembulatan adalah dengan menggunakan rumus $(\sum x_i)^2 / n$ di tempat $n\bar{X}_i^2$. Pada contoh ini, kuadratkan $\sum x_i$ pada baris 4 dan bagi dengan 3 agar didapatkan nilai-nilai untuk baris 7. Jumlah dan nilai rata-rata pada dua kolom di sebelah kanan kolom 11 didapat dari penjumlahan \bar{X}_i yang telah dibulatkan, tetapi pada kasus ini kesalahan akibat pembulatan cenderung merata pada semua sepuluh laboratorium. Kesalahan akibat pembulatan juga dapat dihindari sepenuhnya, dengan: (a) gunakan semua 10 digit atau lebih yang ada pada kalkulator yang dipakai untuk menghitung jumlah \bar{X}_i atau (b) jumlahkan $10\sum \bar{X}_i$ dan kemudian dibagi 30 (yaitu pn) untuk mendapatkan \bar{X}_A yaitu nilai rata-rata dari \bar{X} .

TABLE X1.10 Worksheet for Material A

Row	Laboratory Numbers										Sum	Average	Sum of Squares
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1 x_a	2858	3083	2783	3098	3263	3225	3267	3177	2840	2967			
2 x_b	2867	3033	2692	3133	3259	3125	3525	3230	2858	2900			
3 x_c	2908	3158	2817	3058	3300	2850	3158	3303	2667	3033			
4 $\sum x_i$	8633	9274	8292	9289	9822	9200	9950	9710	8365	8900			
5 \bar{x}_i	2878	3091	2764	3096	3274	3067	3317	3237	2788	2967	30 478	3048	93 240 646
6 $\sum x_i^2$	24 846 250	28 676 942	22 927 442	28 764 657	32 158 250	28 288 750	33 071 878	31 436 038	23 346 653	26 412 178			92 893 555
7 ^A $3\bar{x}_i^2$	24 844 815	28 669 025	22 919 088	28 761 840	32 157 228	28 213 333	33 000 833	31 428 033	23 324 408	26 403 333			347 091
8 6 to 7	1435	7917	8354	2817	1022	75 417	71 045	8005	22 245	8845			38 566
9 s_i^2	718	3958	4177	1408	511	37 708	35 522	4002	11 122	4422	103 550	10 355	
10 s_i	27	63	65	38	23	194	188	63	105	67			
11 $\bar{x}_A = 30\,478/10 = 3048$													
12 s_A^2 (pooled) = $103\,550/10 = 10\,355$													
13 $s_{x_A}^2 = 347\,091/9 = 38\,566$													
14 $s_{L_A}^2 = 38\,566 - (10\,355/3) = 35\,114$													

^A See Note X1.2.

Tabel X1.10 Lembaran-kerja untuk bahan A

Baris	Nomor laboratorium										Jumlah	Rata-rata	Jumlah kwadrat
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1 x_a	2858	3083	2783	3098	3263	3225	3267	3177	2840	2967			
2 x_b	2867	3033	2692	3133	3259	3125	3525	3230	2858	2900			
3 x_c	2908	3158	2817	3058	3300	2850	3158	3303	2667	3033			
4 $\sum x_i$	8633	9274	8292	9289	9822	9200	9950	9710	8365	8900			
5 \bar{x}_i	2878	3091	2764	3096	3274	3067	3317	3237	2788	2967	30 478 (tnp Lab 2)	3048 (tnp Lab 2)	93 240 007 (tnp Lab 2)
6 $\sum x_i^2$	24 844 317	28 676 942	22 927 442	28 764 657	32 158 250	28 288 750	33 071 878	31 436 038	23 346 653	26 412 178			
7 $\sum \bar{x}_i^2$	24 842 896	28 669 025	22 919 088	28 761 840	32 157 228	28 213 333	33 000 833	31 428 033	23 324 408	26 403 333			
8 (6 dikurangi 7)	1421	7917	8354	2817	1022	75 417	71 045	8005	22 245	8845			38 570 (tnp Lab 2)
9 s_i^2	710	3958	4177	1408	511	37 708	35 522	4002	11 122	4422	103 550	10 354	
10 s_i	27	63	65	38	23	194	188	63	105	66			
11 $\bar{x}_A = 3048$ (tanpa Lab 2)													
12 s_A^2 (terkumpul, tanpa Laboratorium 2) = 10 354													
13 $s_{\bar{x}_A}^2 = 38 570$ (tanpa Laboratorium 2)													
14 $s_{L_A}^2 = 35 118$ (tanpa Laboratorium 2)													

Lihat Catatan X1.2.

X1.3.4 Step 4: Investigation for Homogeneity of Variance—Figs. X1.1-X1.5 are plots of the individual within-laboratory variances for each laboratory for the five different materials. The drastic departure of the variances of Laboratory 2 is clearly demonstrated by these plots. The average within-laboratory variances, s_x^2 (pooled), both with and without Laboratory 2 are also shown on the plots, except for Material B, for which the average variance with Laboratory 2 included was off the diagram. Use of the criterion for the highest variance given in 8.2 confirmed that the variances for Laboratory 2 were too extreme in four of the five cases and, therefore, Laboratory 2 was eliminated in those four cases. Since more than one half of the cases for Laboratory 2 were involved, an alternative judgement could have been to eliminate Laboratory 2 from the analysis in all five cases. Use of the criterion for the lowest variance revealed one out of five cases for Laboratory 9 where the elimination of a low variance was indicated. In that case, Laboratory 9 was eliminated from the analysis. Since less than one-half of the cases for Laboratory 9 were involved, an alternative judgement could have been to allow Laboratory 9 in all five cases to remain in the analysis.

X1.3.4 Langkah 4: Pemeriksaan homogenitas varians—Gambar X1.1 sampai X1.5 adalah plot varians dalam-laboratorium individual setiap laboratorium untuk lima bahan yang berbeda. Turun drastisnya varians Laboratorium 2 ditunjukkan dengan jelas pada plot ini. Rata-rata varians dalam-laboratorium, s_x^2 (terkumpul), baik dengan atau tanpa Laboratorium 2 juga ditunjukkan pada plot, kecuali untuk Bahan B, dimana varians rata-rata dengan Laboratorium 2 termasuk adalah di luar diagram tersebut. Penggunaan kriteria untuk varians tertinggi yang diberikan dalam 8.2 menegaskan bahwa varians untuk Laboratorium 2 terlalu ekstrim dalam empat dari lima kasus dan, karena itu, Laboratorium 2 dieliminasi pada empat kasus tersebut. Karena lebih dari setengah kasus melibatkan Laboratorium 2, sebuah pertimbangan alternatif bisa diambil untuk mengeliminasi Laboratorium 2 dari analisis untuk semua lima kasus. Penggunaan kriteria varians terendah mengungkapkan satu dari lima kasus untuk Laboratorium 9 dimana ditunjukkan eliminasi dari sebuah varians rendah. Dalam kasus tersebut, Laboratorium 9 dieliminasi dari analisis. Karena Laboratorium 9 terlibat pada kurang dari setengah kasus, pertimbangan alternatif bisa saja diambil untuk membiarkan Laboratorium 9 tetap ikut dianalisis dalam semua lima kasus.

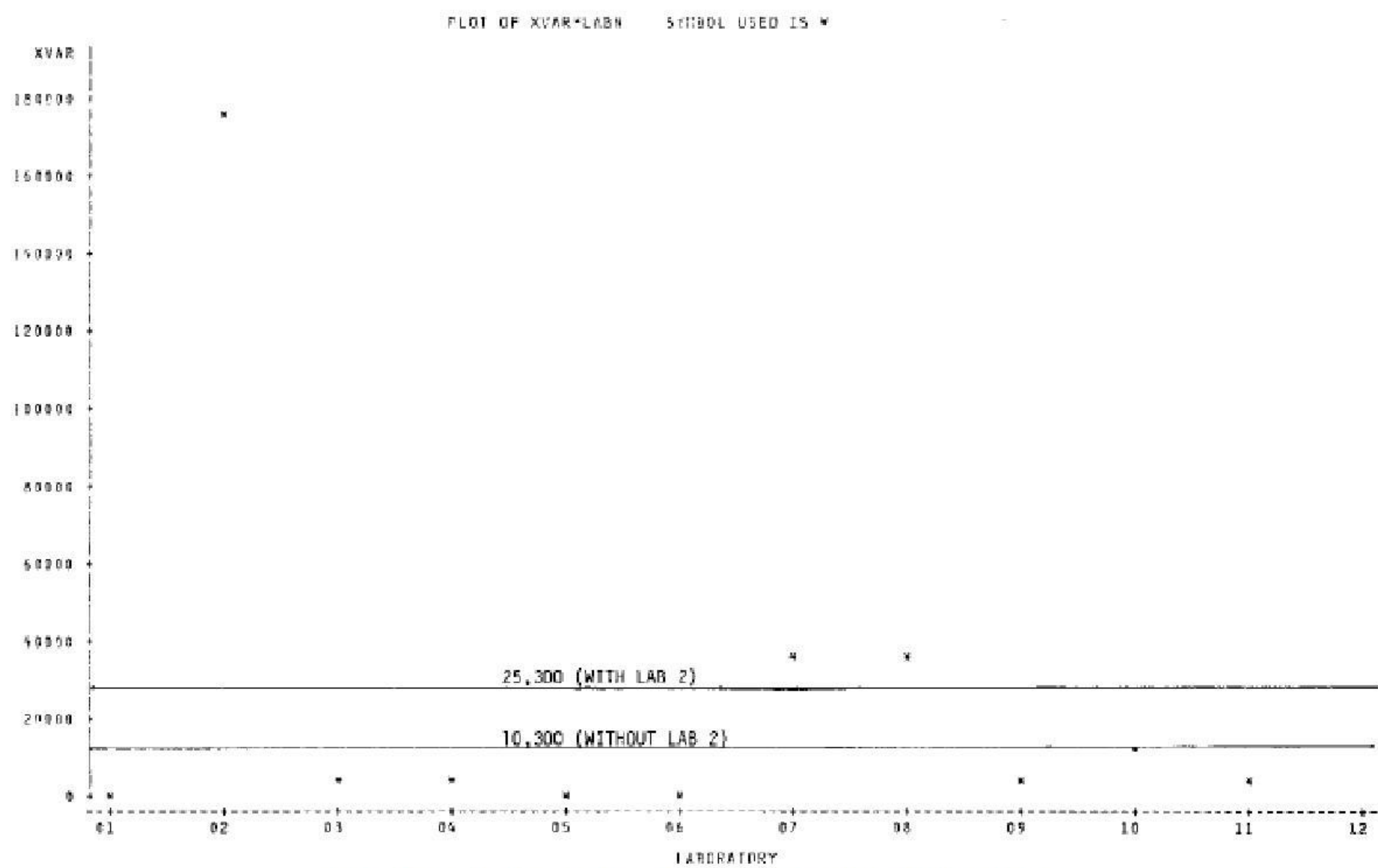
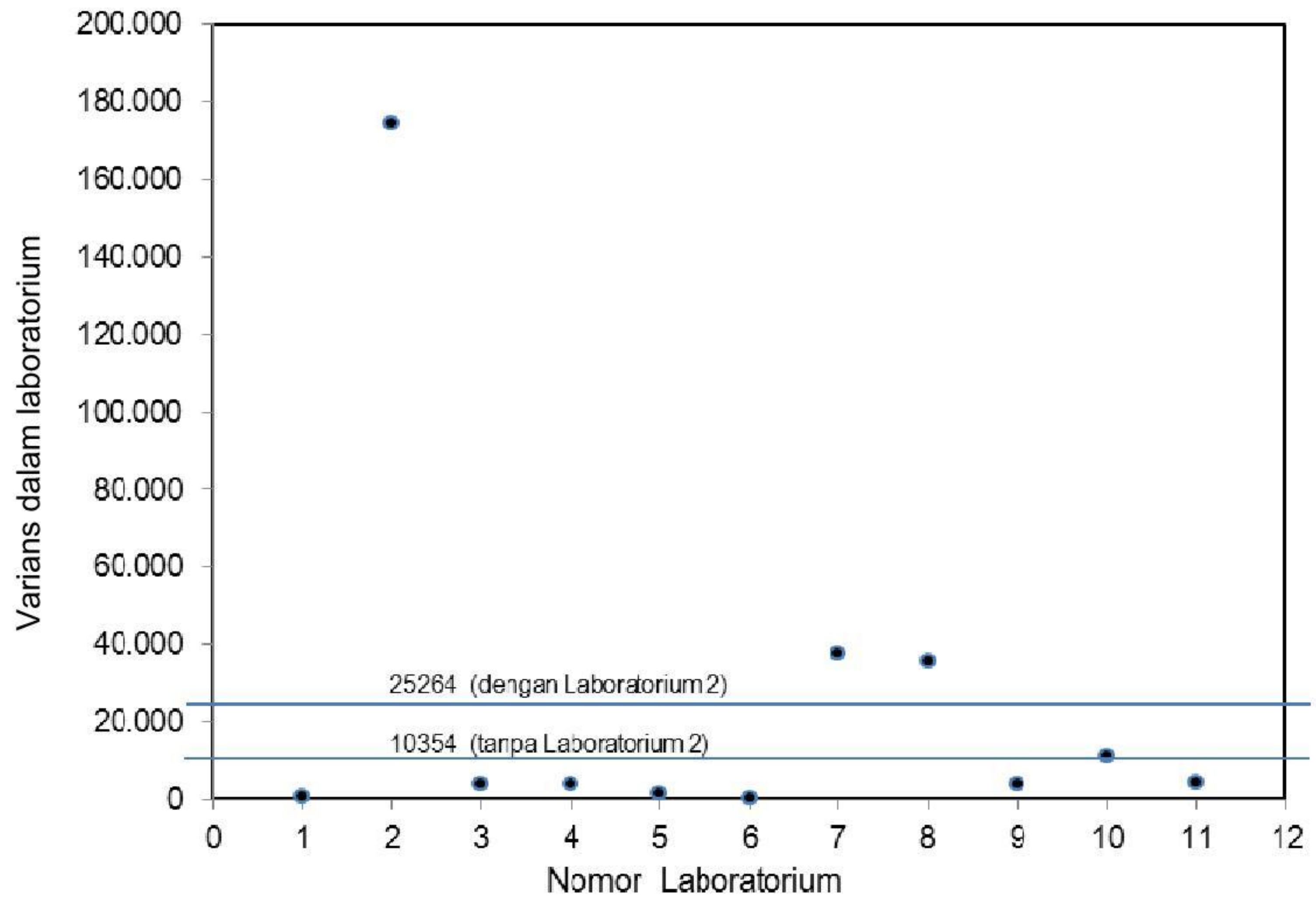


FIG. X1.1 Variance Versus Laboratory For Material A



Gambar X1.1 Varians vs laboratorium untuk bahan A

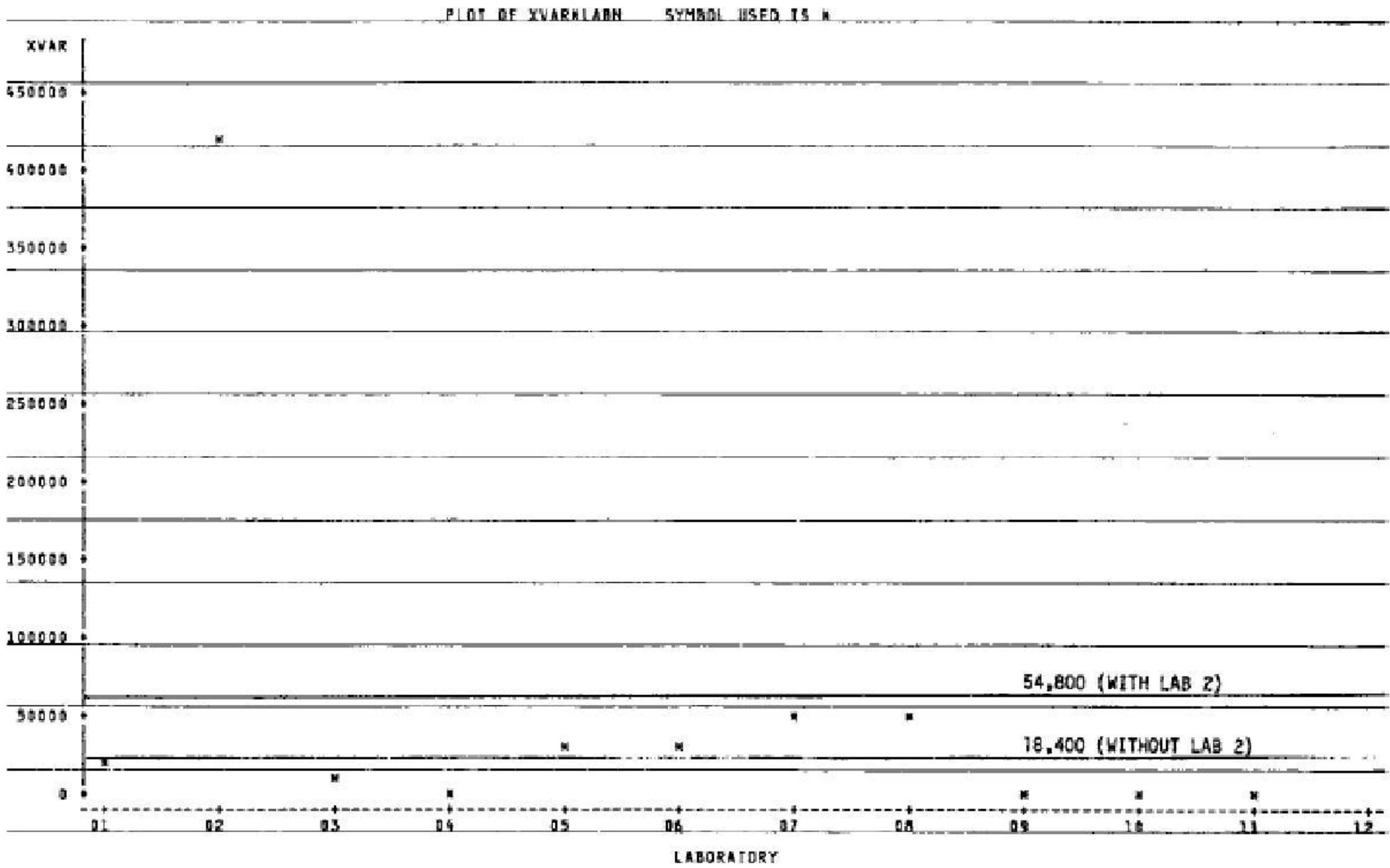
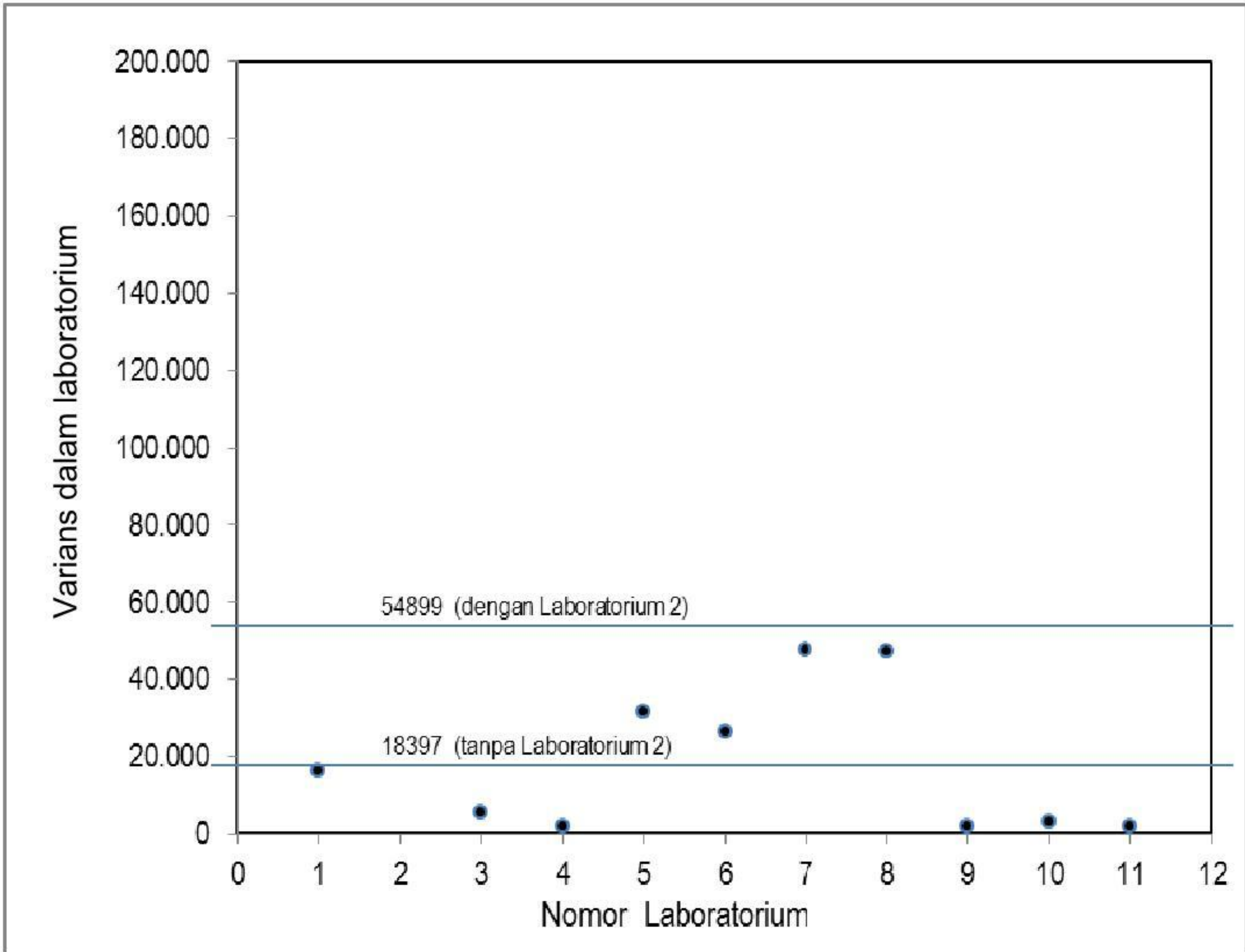


FIG. X1.2 Variances Versus Laboratory for Material B



Gambar X1.2 Varians vs laboratorium untuk bahan B

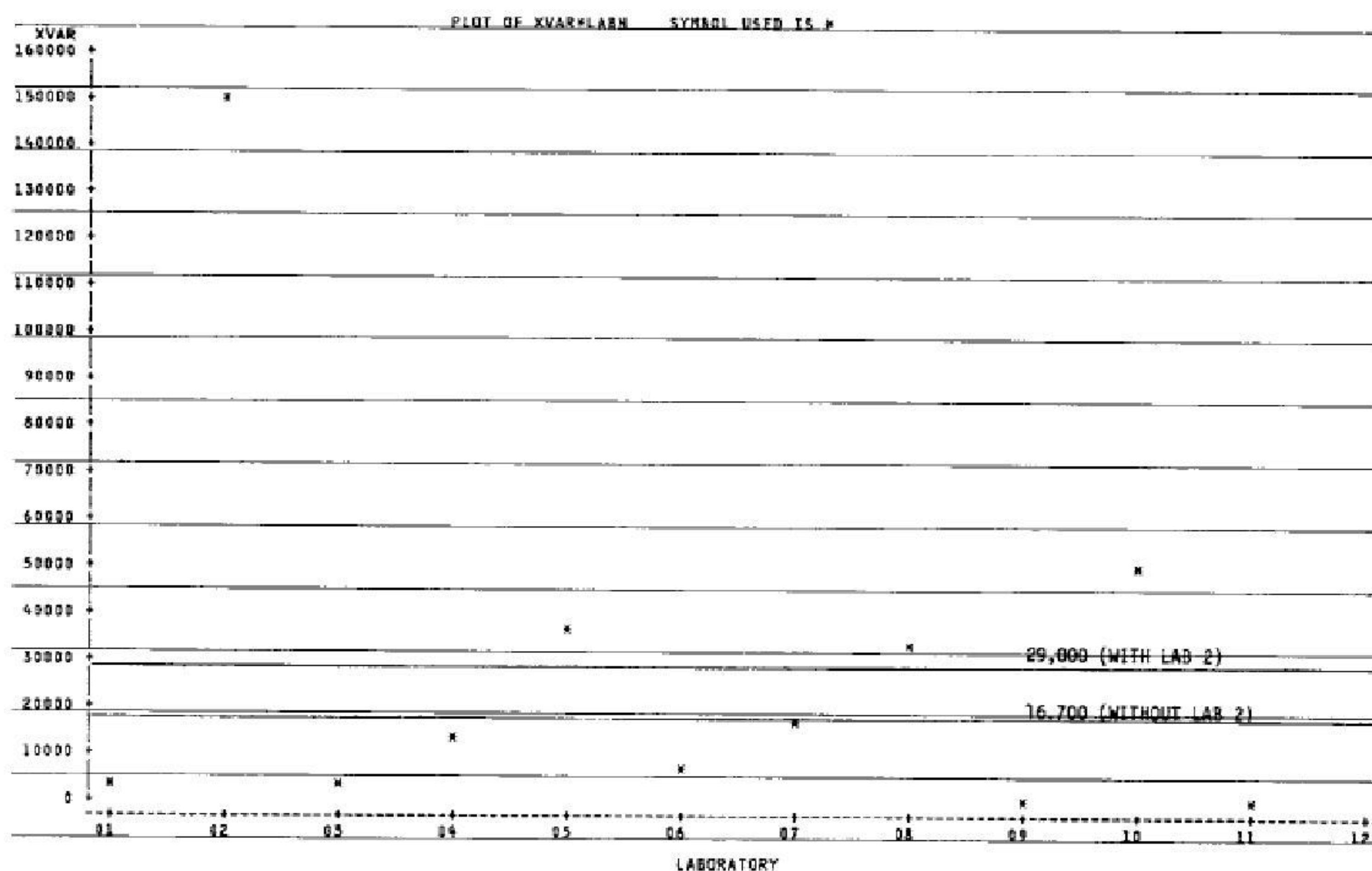
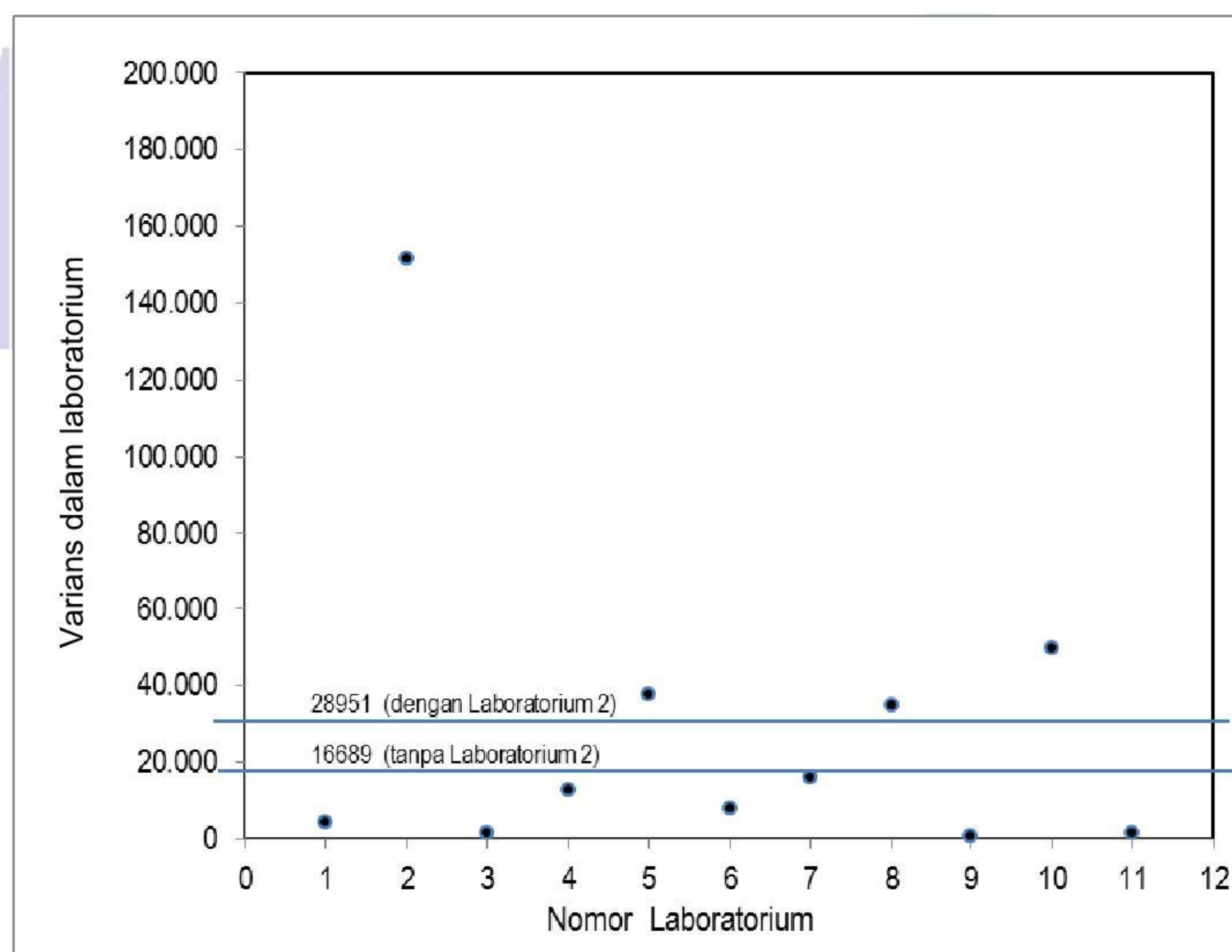


FIG. X1.3 Varlance Versus Laboratory for Material C



Gambar X1.3 Varians vs laboratorium untuk bahan C

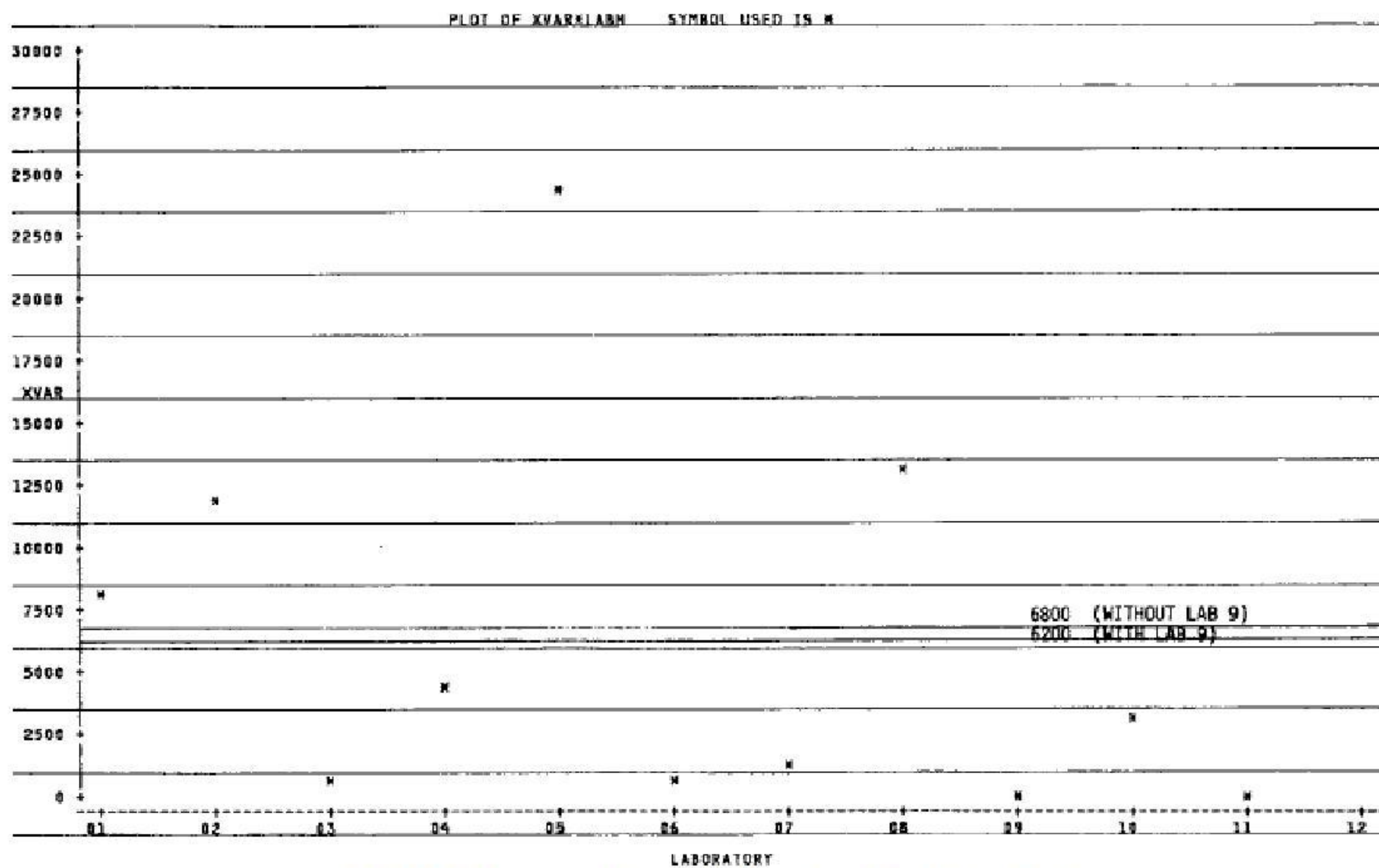
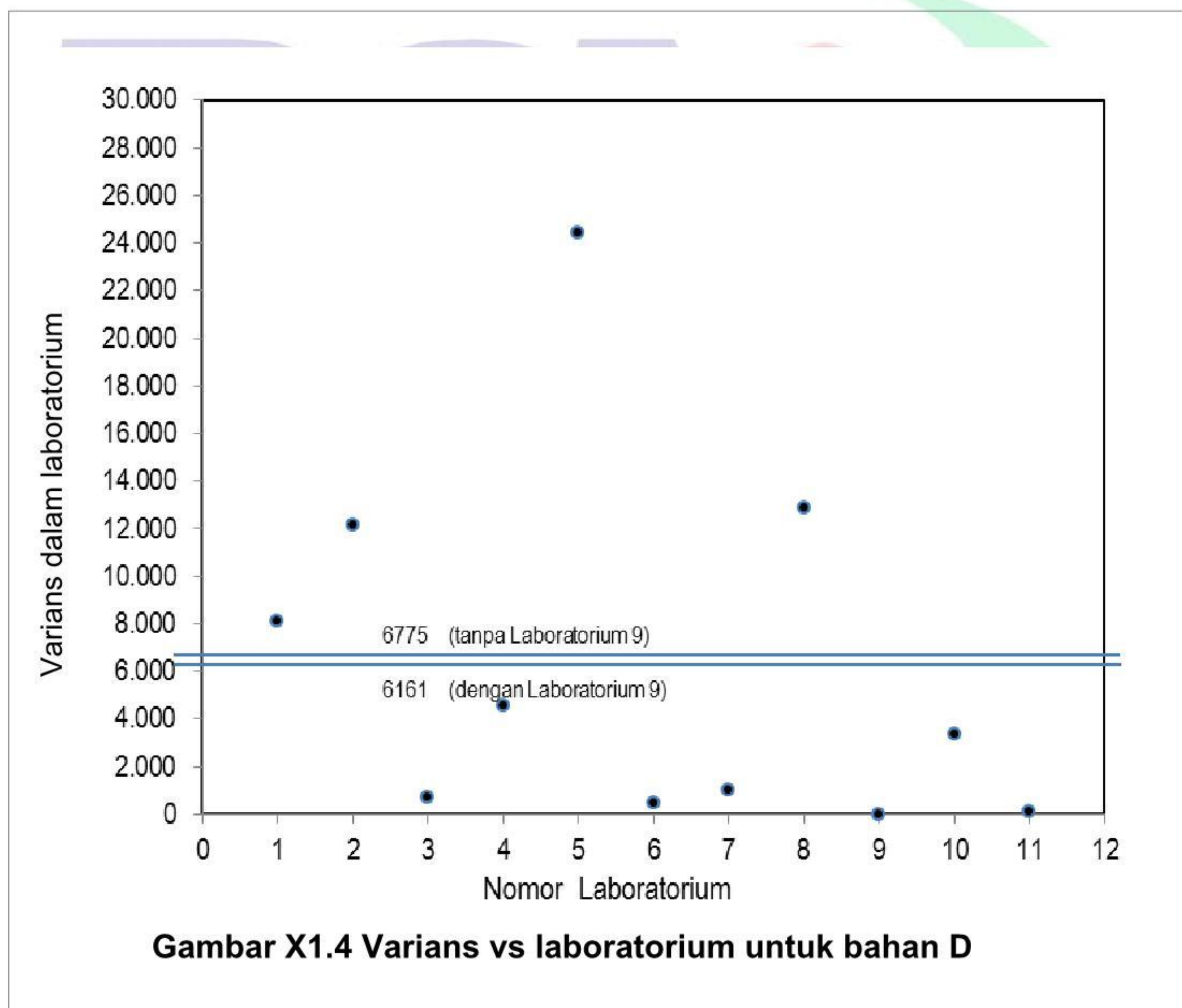


FIG. X1.4 Varlance Versus Laboratory for Materlal D



Gambar X1.4 Varians vs laboratorium untuk bahan D

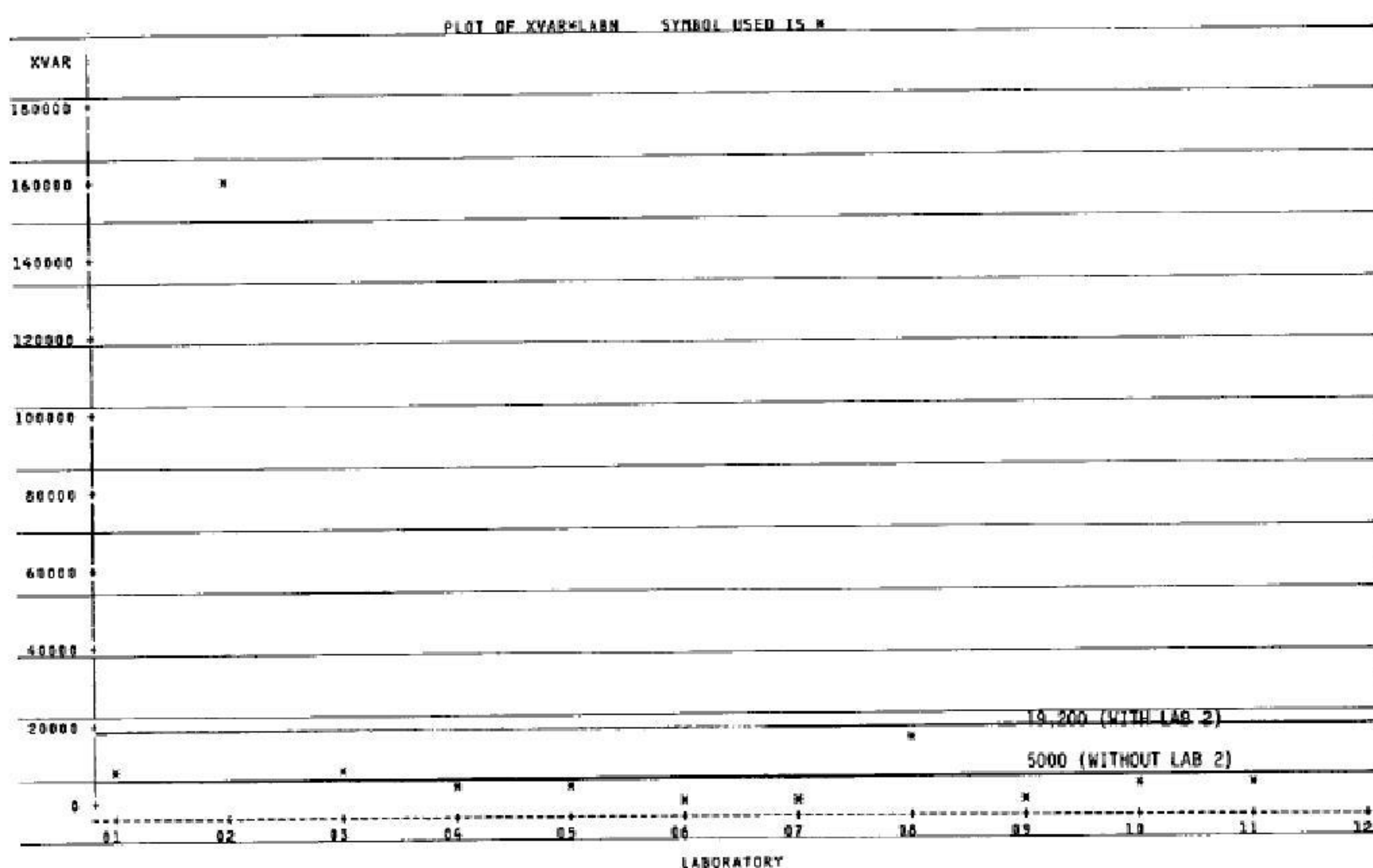
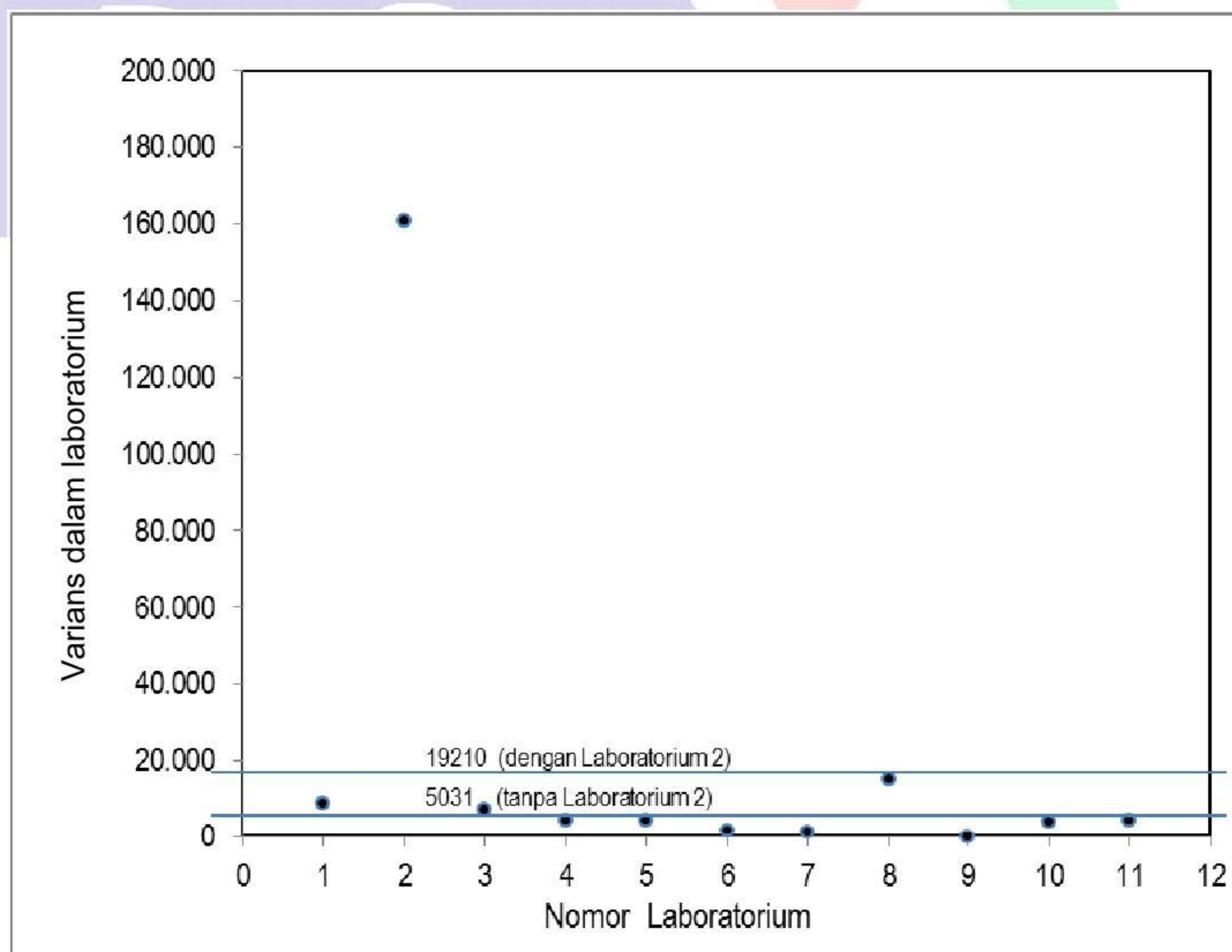


FIG. X1.5 Variance Versus Laboratory for Material E



Gambar X1.5 Varians vs laboratorium untuk bahan E

X1.3.5 Step 5: Investigation for Interactions— Average strength was plotted against material designation arranged in increasing order of average strength for the materials for each of the laboratories. These plots for the first three laboratories are shown on Fig. X1.6. Laboratories 1 and 3 show very similar patterns, but the plot for Laboratory 2 again indicates that the results from this laboratory really do not fit the pattern. The drop in strength between Materials D and E was the only case where a reversal of the order of two materials occurred. All of the other eight laboratories showed results with a similar pattern to those of Laboratories 1 and 3. It was, therefore concluded that, with partial (or total) the elimination of Laboratory 2, no serious interactions remained.

X1.3.5 Langkah 5: Penyelidikan interaksi— Kekuatan rata-rata diplot terhadap bahan diatur dalam urutan kekuatan rata-rata meningkat untuk bahan tersebut pada masing-masing laboratorium. Plot ini untuk tiga laboratorium pertama ditunjukkan pada Gambar X1.6. Laboratorium 1 dan 3 menunjukkan pola yang sangat mirip, tetapi plot untuk Laboratorium 2 sekali lagi mengindikasikan bahwa hasil-hasil dari laboratorium ini benar-benar tidak sesuai dengan pola. Penurunan kekuatan antara Bahan D dan E adalah satu-satunya kasus terjadinya pembalikan urutan dua bahan. Semua delapan laboratorium lainnya menunjukkan hasil dengan pola yang serupa dengan Laboratorium 1 dan 3. Karena itu disimpulkan bahwa, dengan sebagian (atau total) eliminasi Laboratorium 2, tidak ada interaksi serius yang menetap.

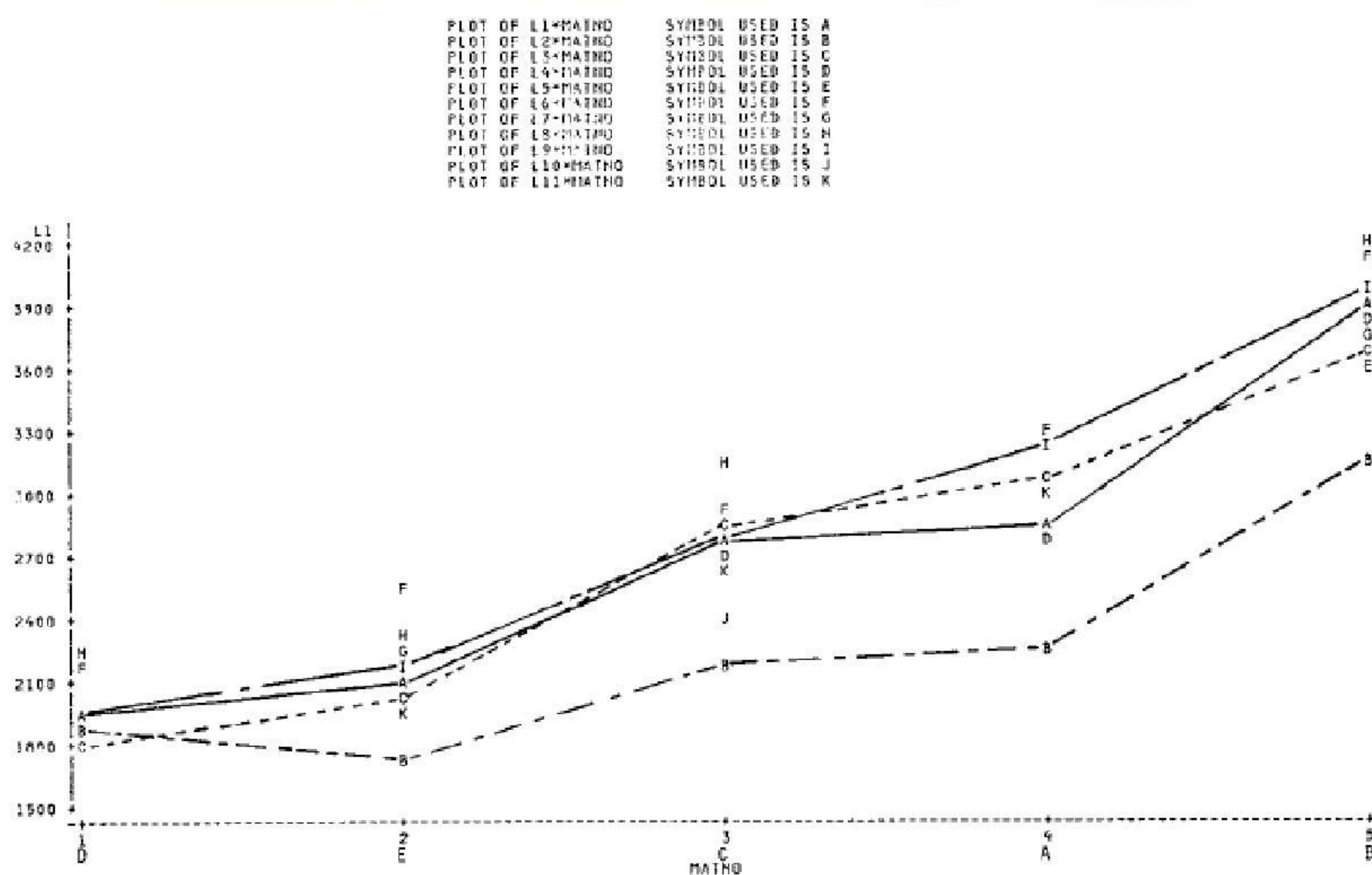
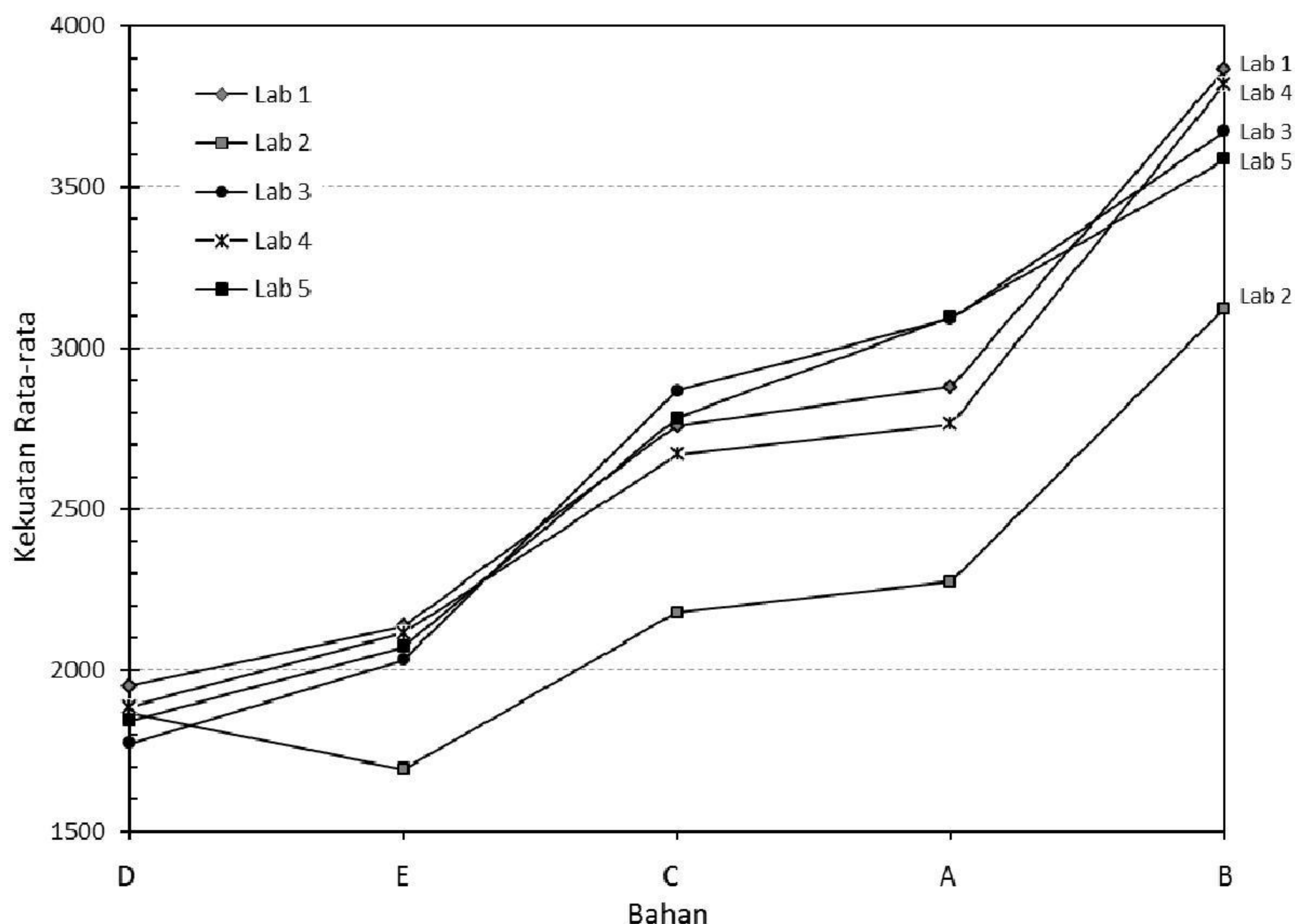


FIG. X1.6 Average Strength Versus Material



Gambar X1.6 Kekuatan rata-rata vs bahan

X1.3.6 Step 6: Development of the Estimates of Precision—Table X1.8 and Table X1.9, show the components of variance, variances, standard deviations, and coefficients of variation, developed in accordance with Practice C670. The variances given in Table X1.8 are for individual determinations in each laboratory, even though three replicates were used in the analysis.

X1.3.6 Langkah 6: Pengembangan Estimasi Presisi—Tabel X1.8 dan Tabel X1.9, menunjukkan komponen varians, varians, simpangan baku, dan koefisien variasi, dikembangkan sesuai dengan ASTM C670. Varians yang diberikan dalam Tabel X1.8 adalah untuk determinasi individual dalam setiap laboratorium, meskipun pada digunakan tiga replika.

TABLE X1.9 Averages, Standard Deviations, and Coefficients of Variation for All Materials

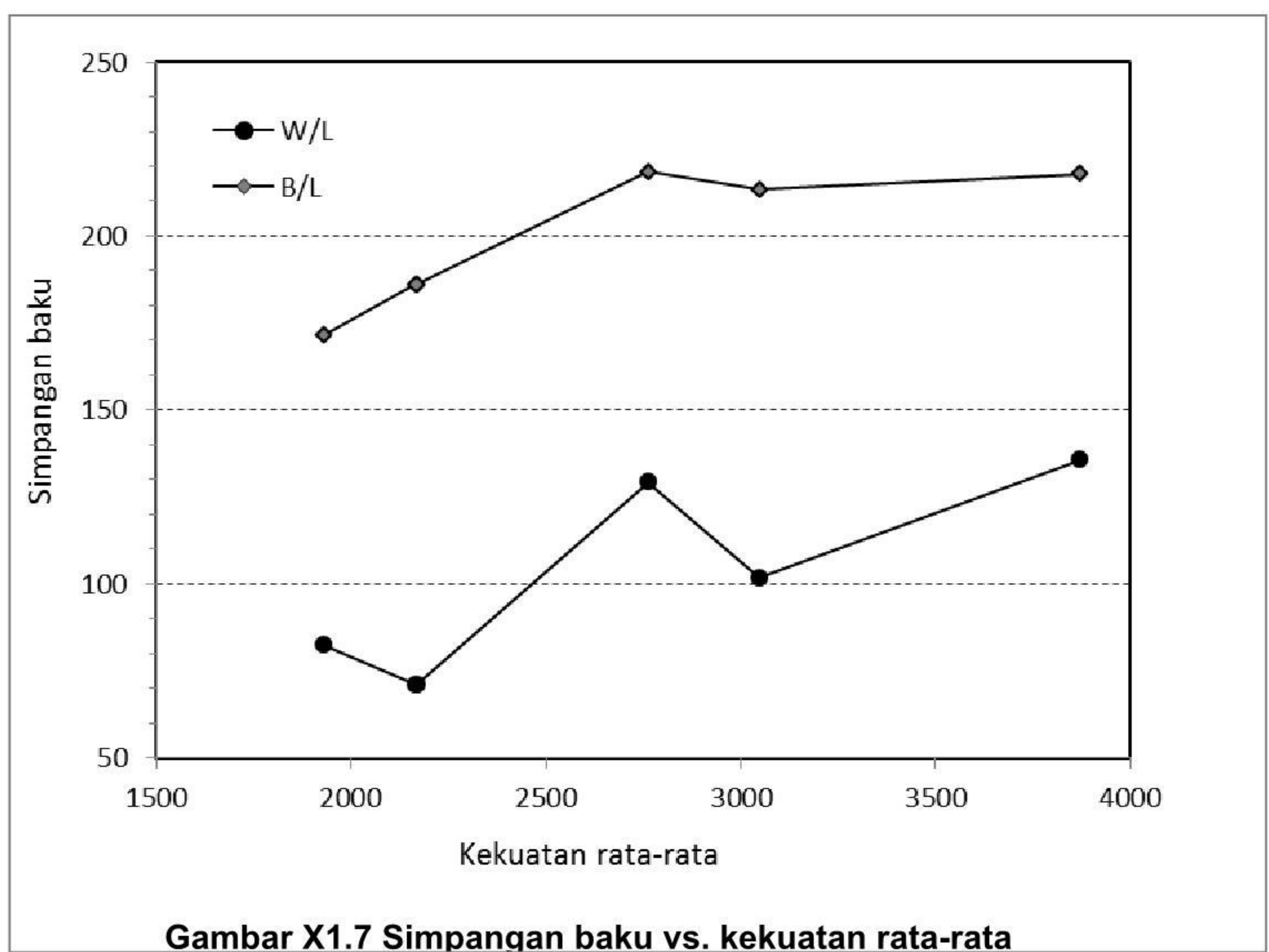
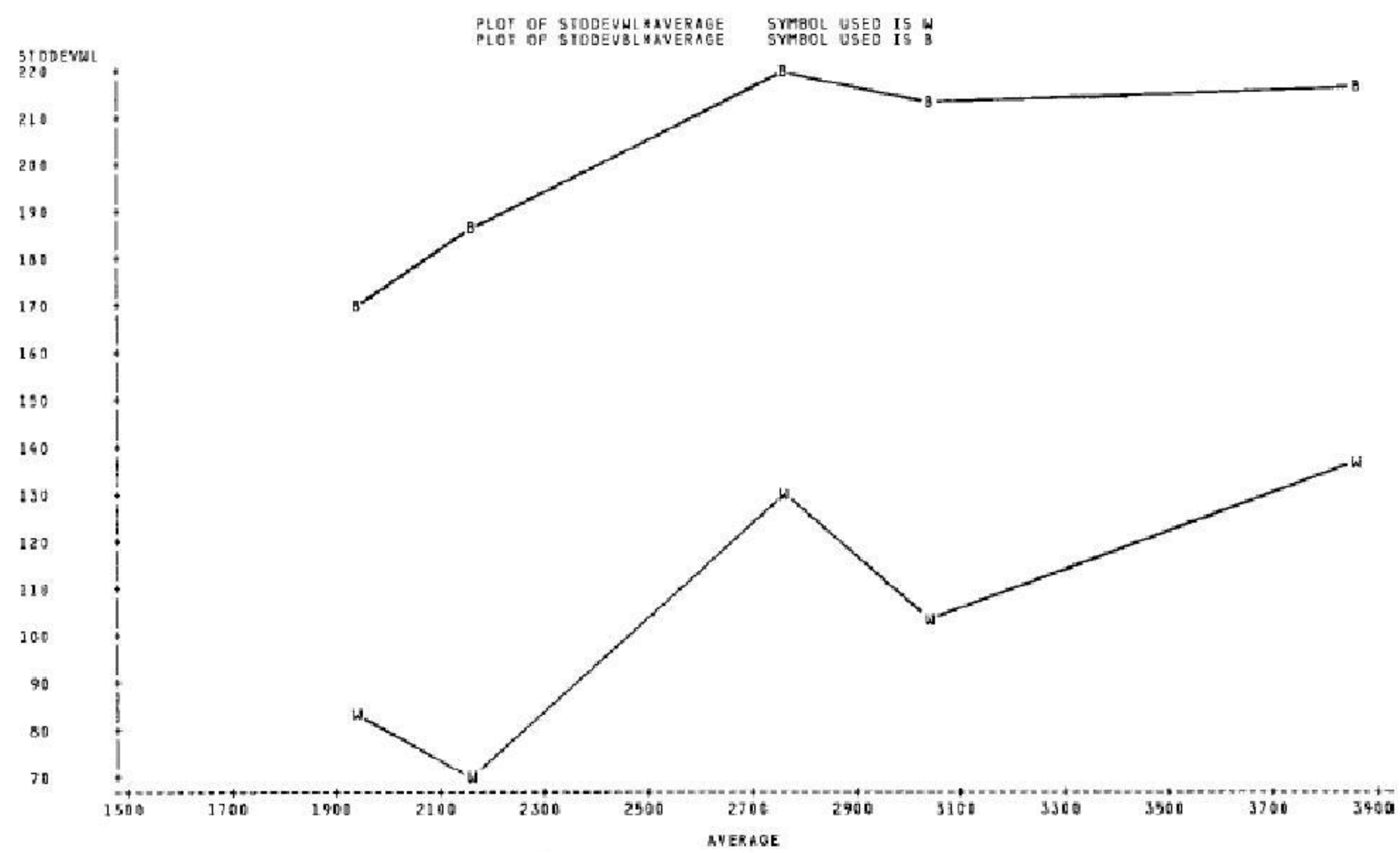
Material	Average	Standard Deviations		Coefficients of Variation	
		W/L	B/L	W/L	B/L
D	1932.68	82.314	171.604	4.3	8.9
E	2168.28	70.961	185.985	3.3	8.6
C	2761.73	129.172	218.440	4.7	7.9
A	3047.84	101.759	213.235	3.3	7.0
B	3869.69	135.654	217.790	3.5	5.6

Tabel X1.9 Rata-rata, simpangan baku dan koefisien variasi untuk semua bahan

Bahan	Rata-rata	Simpangan baku		Koefisien variasi	
		W/L	B/L	W/L	B/L
D	1933	82,310	171,616	4,3	8,9
E	2168	70,972	185,984	3,3	8,6
C	2762	129,186	218,445	4,7	7,9
A	3048	101,755	213,242	3,3	7,0
B	3870	135,636	217,782	3,5	5,6

X1.3.7 Step 7: Determination of the Form of the Precision Statements—Fig. X1.7 and Fig. X1.8, respectively, show plots of the standard deviation versus average and coefficient of variation versus average. Each plot shows between-laboratory and within-laboratory results separately. Fig. X1.7 indicates that the standard deviation tends to increase with increasing level of strength, both within and between laboratories. Examination of the curves also indicates the possibility that two levels of standard deviation might exist, one for the two lower strength cements, D and E, and another for the three higher ones. With only the information from the five materials given, it is difficult to determine which one of these situations really exists. Fig. X1.8 indicates that the between-laboratory coefficient of variation tends to decrease with increasing level, although the coefficients for the two lower materials were the same. The within laboratory coefficients appear to be about the same for all levels.

X1.3.7 Langkah 7: Determinasi bentuk pernyataan presisi—Gambar X1.7 dan Gambar X1.8, berturut-turut, menunjukkan plot simpangan baku versus rata-rata and koefisien variasi versus rata-rata. Setiap plot menunjukkan hasil-hasil antar-laboratorium dan dalam-laboratorium secara terpisah. Gambar. X1.7 mengindikasikan bahwa simpangan baku cenderung meningkat dengan meningkatnya tingkat kekuatan, baik dalam dan antar laboratorium. Pemeriksaan kurva-kurva juga menunjukkan kemungkinan terdapat dua tingkat simpangan baku, yang satu untuk dua semen kekuatan rendah, D dan E, dan yang lain untuk tiga yang kekuatannya lebih tinggi. Dengan informasi hanya dari lima materi yang diberikan, sulit untuk menentukan situasi mana yang benar-benar terjadi. Gambar. X1.8 mengindikasikan bahwa koefisien variasi antar-laboratorium cenderung menurun dengan makin tingginya tingkatan, meskipun koefisien untuk dua bahan yang lebih rendah sama besarnya. Koefisien dalam laboratorium tampaknya hampir sama untuk semua tingkatan.



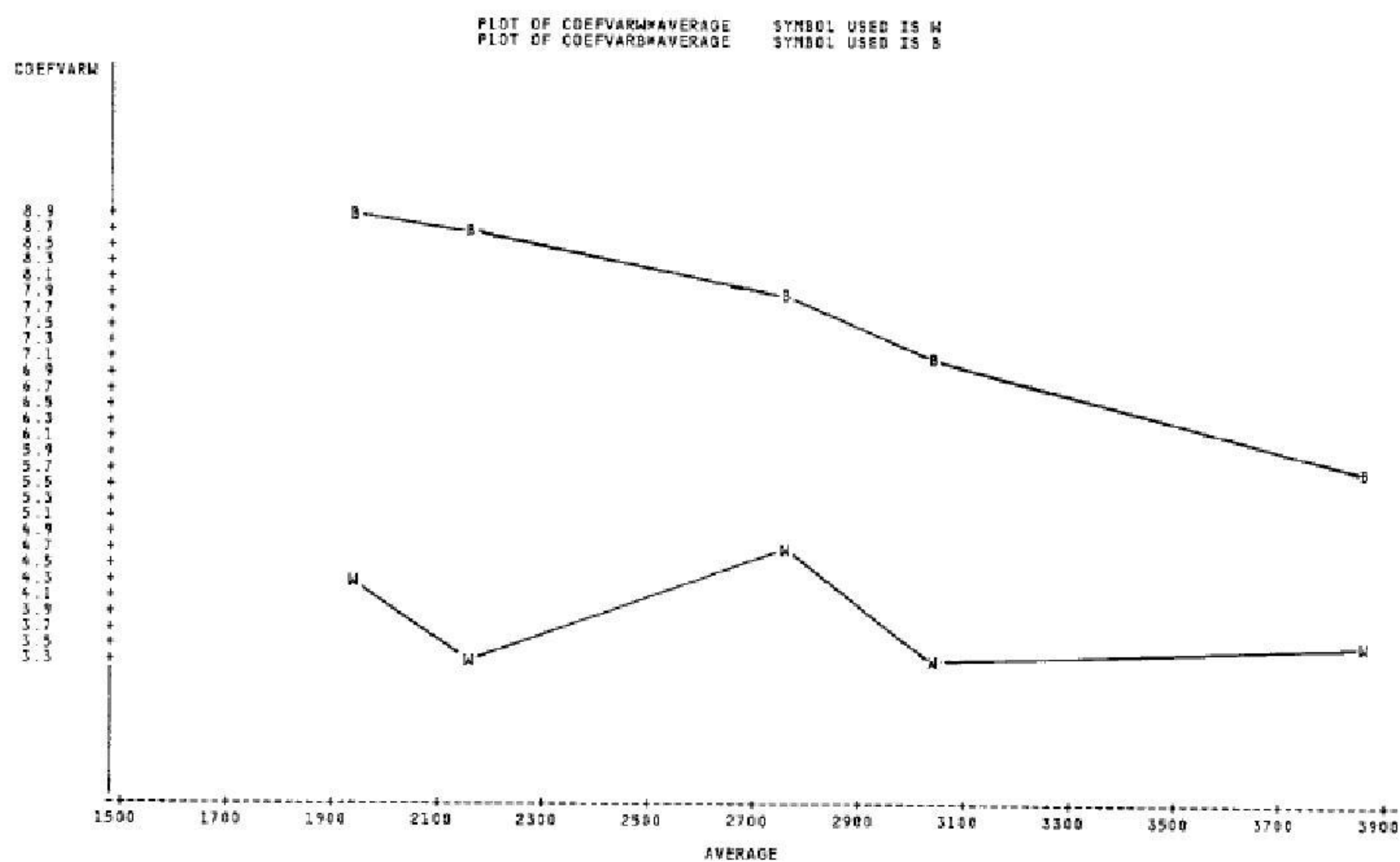
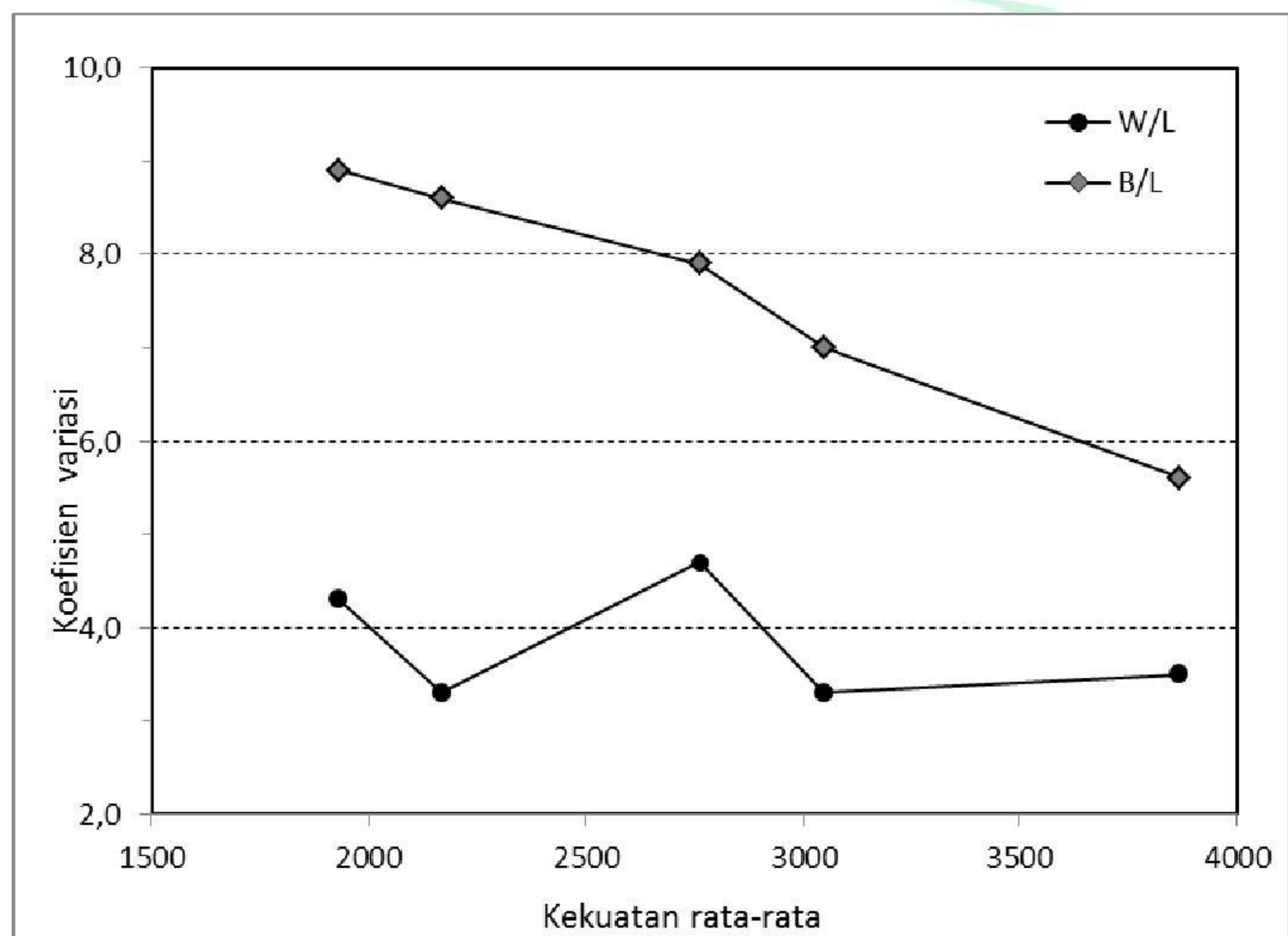


FIG. X1.8 Coefficient of Variation Versus Average



Gambar X1.8 Koefisien variasi vs. kekuatan rata-rata

□

X1.3.7.1 References (14-18) give information on the relationship between the variability and strength of concrete. References (15-17) report that standard deviation is relatively constant above 3000 psi (20.7 MPa) and coefficient of variation is constant below that level. The results of this analysis are compatible with this conclusion if the transition is lower, say about 2500 psi (17.2 MPa). Note that these results are on small mortar cubes instead of large concrete specimens, and are tested at 3 days instead of 28 days as is usual in concrete testing. The precision statements that follow are thus based on the assumption of constant coefficients of variation of 3.8 and 8.8 %, respectively, for within-laboratory and between laboratory results for average strengths below 2500 psi (17.2 MPa), and on constant standard deviations of 125 and 215 psi (0.862 and 1.48 MPa), respectively, for within-laboratory and between-laboratory results for average strengths above 2500 psi. Maximum allowable ranges for three cubes from the same batch, for three test results, each consisting of an average of three cubes and for the difference between averages of three test results in different laboratories are also given (see Practice C670).

X1.3.8 *Step 8: Writing the Precision Statements*—The precision statements based on the data as described in X1.3.7.1 are as follows:

Single-Operator Precision (Average Strength Below 2500 psi (17.2 MPa))—The single-operator coefficient of variation of a single test result for average strengths below 2500 psi (a test result is defined in this method as the average of three separate measurements) has been found to be 3.8 %.^A Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator (each consisting of the average of three cubes from the same batch of mortar) should not differ by more than 10.8 %^A of the average of the two results. The range of three test results obtained by the same operator should not exceed 12.5 % of the average of the three.^B

Multilaboratory Precision (Average Strength Below 2500 psi (17.2 MPa))—The multilaboratory coefficient of variation of a

X1.3.7.1 Referensi (14-18) memberikan informasi tentang hubungan antara variabilitas dengan kekuatan beton. Referensi (15-17) melaporkan bahwa simpangan baku di atas 20,7 MPa (3000 psi) relatif konstan dan koefisien variasi konstan di bawah level tersebut.). Hasil-hasil analisis ini kompatibel dengan kesimpulan ini apabila transisi lebih rendah, misalnya sekitar 17,2 MPa (2500 psi). Perhatikan bahwa hasil-hasil ini pada kubus mortar kecil bukan pada spesimen beton yang besar, dan diuji pada 3 hari bukan 28 hari seperti di pengujian beton yang biasa. Pernyataan presisi yang mengikuti dengan demikian didasarkan pada asumsi bahwa koefisien variasi konstan 3,8 dan 8,8 %, berturut-turut, untuk hasil-hasil dalam laboratorium dan antar laboratorium dengan kekuatan rata-rata di bawah 17,2 MPa (2500 psi), dan pada simpangan baku konstan 0,862 dan 1,48 MPa (125 dan 215 psi), berturut-turut, untuk hasil-hasil dalam laboratorium dan antar laboratorium untuk kekuatan rata-rata di atas 2500 psi. Rentang maksimum yang diijinkan untuk tiga kubus dari batch yang sama, untuk tiga hasil uji, masing-masing terdiri dari rata-rata tiga kubus dan untuk perbedaan antara rata-rata dari tiga hasil pengujian di laboratorium yang berbeda juga diberikan (lihat ASTM C670).

X1.3.8 *Langkah 8: Penulisan pernyataan presisi*—Pernyataan presisi didasarkan pada data seperti yang diuraikan dalam X1.3.7.1 sebagai berikut:

Presisi operator tunggal (Kekuatan rata-rata dibawah 17,2 MPa (2500 psi))—Koefisien variasi operator tunggal dari hasil uji tunggal untuk kekuatan rata-rata di bawah 2500 psi (sebuah hasil uji dalam metode ini didefinisikan sebagai rata-rata dari tiga pengukuran terpisah) didapat 3,8%.^A Karena itu, hasil dari dua uji yang dilaksanakan dengan baik oleh operator yang sama (masing-masing rata-rata dari tiga kubus yang dibuat dengan batch mortar yang sama) tidak boleh berbeda lebih dari 10,8% dari rata-rata dua hasil. Rentang tiga hasil uji yang diperoleh oleh operator yang sama tidak boleh melebihi 12,5% dari rata-rata ketiganya.^B

Presisi multilaboratorium (kekuatan rata-rata dibawah 17,2 MPa (2500 psi))—Koefisien variasi multilaboratorium dari hasil uji tunggal

single test result for average strengths below 2500 psi (a test result is defined in this method, as the average of three separate measurements) has been found to be 8.8 %.^A Therefore, results of two properly conducted tests in different laboratories on the same cement should not differ by more than 24.9 % of their average.^A

Single-Operator Precision (Average Strength Above 2500 psi (17.2 MPa))—The single-operator standard deviation of a single test result for average strengths above 2500 psi (a test result is in this method, as the average of three separate measurements) has been found to be 125 psi (0.862 MPa). Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator (each consisting of the average of three cubes from the same batch of mortar) should not differ by more than 355 psi (2.45 MPa).^A The range of the three test results obtained by the same operator should not exceed 410 psi (2.83 MPa).^B

Multilaboratory Precision (Average Strength Above 2500 psi (17.2 MPa))—The multilaboratory standard deviation of a single test result for average strengths above 2500 psi (a test result is defined in this method, as the average of three separate measurements) has been found to be 215 psi (1.48 MPa).^A Therefore, results of two properly conducted tests in different laboratories on the same cement should not differ by more than 610 psi (4.21 MPa).^A

^AThese numbers represent, respectively, the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

^BCalculated as described in Practice C670.

X1.3.8.1 The figures in the above example are obtained as follows:

- 1) The (1s) and (1s %) figures are the standard deviations and coefficients of variation, respectively, as given in X1.3.7.
- 2) The (d2s) and (d2s %) figures are the (1s) and (1s %) figures multiplied by 2.83 (that is, $2\sqrt{2}$).
- 3) (3) The maximum allowable ranges for three test results are the (1s) and (1s %)

untuk kekuatan rata-rata di bawah 2500 psi (dalam metode ini sebuah hasil uji didefinisikan sebagai rata-rata dari tiga pengukuran terpisah) telah ditemukan 8,8%.^A Karena itu, hasil dari dua pengujian yang dilaksanakan dengan baik di laboratorium yang berbeda pada semen yang sama tidak boleh berbeda lebih dari 24,9 % terhadap rata-ratanya.^A

Presisi operator tunggal (kekuatan rata-rata diatas 17,2 MPa (2500 psi))—simpangan baku operator tunggal dari hasil uji tunggal untuk kekuatan rata-rata di atas 2500 psi (hasil uji dalam metode ini, adalah rata-rata dari tiga pengukuran yang terpisah) telah ditemukan 0,862 MPa (125 psi). Karena itu, hasil-hasil dari dua pengujian yang dilaksanakan dengan baik oleh operator yang sama (masing-masing terdiri dari rata-rata tiga kubus yang dibuat dari batch mortar yang sama) tidak boleh berbeda lebih dari 2,45 MPa (355 psi).^A Rentang dari hasil-hasil tiga pengujian oleh operator yang sama tidak boleh melebihi 2,83 MPa (410 psi).^B

Presisi multi laboratorium (kekuatan rata-rata di atas 17,2 MPa (2500 psi))—Simpangan baku multi laboratorium hasil uji tunggal untuk kekuatan rata-rata di atas 2500 psi (sebuah hasil uji dalam metode ini didefinisikan sebagai rata-rata tiga pengukuran terpisah) telah ditemukan 1,48 MPa (215 psi).^A Oleh karena itu, hasil dua pengujian yang dilakukan dengan baik di laboratorium berbeda pada semen yang sama seharusnya tidak berbeda lebih dari 4,21 MPa (610 psi).^A

^ANilai-nilai ini mewakili, berturut-turut, (1s %) dan (d2s %) batas-batas yang dijelaskan dalam ASTM C670.

^BDihitung sesuai yang diuraikan pada ASTM C670.

X1.3.8.1 Gambar-gambar pada contoh di atas dibuat sebagai berikut:

- (1) Gambar (1s) (1s %) adalah simpangan-simpangan baku dan koefisien-koefisien variasi, berturut-turut, seperti yang diberikan pada X1.3.7.
- (2) Gambar-gambar (d2s) dan (d2s %) adalah gambar-gambar (1s) dan (1s %) dikalikan dengan 2.83 (yaitu $2\sqrt{2}$).

figures for single-operator precision multiplied by 3.3, the multiplier for ranges of 3 as described in Practice C670.

- (3) Rentang maksimum yang diijinkan untuk tiga hasil uji adalah gambar-gambar (1s) dan (1s %) untuk presisi operator tunggal dikalikan dengan 3.3, pengali untuk rentang 3 seperti yang diuraikan dalam ASTM C670.

X2. OUTLIERS

X2.1 The objective of the process of screening for outliers is to retain all data that legitimately belong in the population of results characteristic of the test method, and to eliminate only those that differ so drastically that their inclusion distorts the realistic picture of that population (9). The procedure used should be a conservative one. The error of discarding results that should not be discarded tends to be more common than that of retaining results that should not be retained. For example, criteria that call for discarding results that would be expected 5 % of the time are often used. An interlaboratory program that includes ten laboratories, five materials and four replicates produces 200 measurements. On the average, such programs should produce ten results in the 5 % rejection range. Rejection of these results as outliers could cause the final estimates of precision to be much smaller than they ought to be.

X2.2 If it is considered desirable to apply statistical techniques for the rejection of outliers, the criteria and technique to be used should be selected and applied by the organizing committee on the advice of the statistical consultant, and not by the individual laboratories. Also the significance level of the test used should be no greater than 1.0 %. Approved methods are described in Refs (10 and 13).

X2. HASIL UJI YANG MENYIMPANG

X2.1 Tujuan dari proses skrining hasil uji yang menyimpang adalah untuk mempertahankan semua data sah yang termasuk dalam populasi hasil karakteristik metode uji, dan mengeliminasi hanya yang bedanya sangat drastis sehingga dapat mendistorsi gambaran realistik dari populasi data tersebut jika tetap dimasukkan (9). Prosedur yang digunakan harus konservatif. Kesalahan membuang hasil yang tidak boleh dibuang lebih umum terjadi dibandingkan dengan menahan hasil yang sebaiknya dibuang. Sebagai contoh, kriteria bahwa hasil yang dibuang diharapkan 5% dari waktu sering digunakan. Sebuah program antar laboratorium yang meliputi sepuluh laboratorium, lima bahan dan empat replika menghasilkan 200 pengukuran. Secara rata-rata, program semacam itu harus menghasilkan sepuluh hasil dalam rentang penolakan 5%. Penolakan hasil-hasil tersebut sebagai hasil uji yang menyimpang dapat menyebabkan estimasi presisi final menjadi jauh lebih kecil daripada seharusnya.

X2.2 Jika ingin menerapkan teknik statistika pada proses membuang hasil uji yang menyimpang, kriteria dan teknik yang akan digunakan harus dipilih dan diterapkan oleh komite pelaksana atas saran dari konsultan statistik, dan bukan oleh laboratorium individual. Juga tingkat signifikansi dari pengujian yang digunakan tidak boleh melebihi dari 1,0%. Metode yang disetujui dijabarkan pada referensi (10 dan 13).

REFERENCES

- (1) *ASTM Manual for Conducting an Interlaboratory Study of a Test Method*, STP. 335, ASTM, Philadelphia, PA 1963, p. 4.
- (2) Youden, W. J., *Statistical Techniques for Collaborative Tests*, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1967, pp. 7–9.
- (3) *Ibid*, p. 9.
- (4) *ASTM STP 335*, pp. 3–4, 9.
- (5) *ASTM STP 335*.
- (6) *ASTM Manual on Quality Control of Materials*, STP 15C, ASTM, Philadelphia, PA, 1951, pp. 47–49.
- (7) Mandel, John, "Repeatability and Reproducibility," *Materials Research and Standards*, ASTM, Vol. 11, No. 8, August 1971, p. 8.
- (8) Youden, 1967, p. 18.
- (9) *Ibid*, pp. 26–27.
- (10) Dixon, W. J., and Massey, F. J., *Introduction to Statistical Analysis*, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, NY, 1957, Table 8e.
- (11) This table was adapted from *Techniques of Statistical Analysis*, Chapter 15 on "Significance of the Largest of a Set of Sample Estimate of Variance," Eisenhart, Churchill, Solomon, and Herbert.
- (12) This table was adapted from *Biometrika Tables for Statisticians*, Pearson, B. S., and Hartley, H. O., Vol I (2nd ed.), Cambridge, MA, 1958.
- (13) Mandel, *op cit*.
- (14) Neville, A. M., "The Relation Between Standard Deviation and Mean Strength of Concrete Test Cubes," *Magazine of Concrete Research*, Vol II, No. 32, July 1959.
- (15) Metcalf, J. B., "The Specification of Concrete Strength, Part II, The Distribution of Strength of Concrete for Structures in Current Practice," *RRL Report LR 3000*, Road Research Laboratory, Crawthorne, Berkshire, U. K., 1970.
- (16) Murdock, C. J., "The Control of Concrete Quality," *Proceedings of Institute of Civil Engineers*, Part I, Vol 2, No. 4, July 1953.

REFERENSI

- (1) *ASTM Manual for Conducting an Interlaboratory Study of a Test Method*, STP. 335, ASTM, Philadelphia, PA 1963, p. 4.
- (2) Youden, W. J., *Statistical Techniques for Collaborative Tests*, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1967, pp. 7–9.
- (3) *Ibid*, p. 9.
- (4) *ASTM STP 335*, pp. 3–4, 9.
- (5) *ASTM STP 335*.
- (6) *ASTM Manual on Quality Control of Materials*, STP 15C, ASTM, Philadelphia, PA, 1951, pp. 47–49.
- (7) Mandel, John, "Repeatability and Reproducibility," *Materials Research and Standards*, ASTM, Vol. 11, No. 8, August 1971, p. 8.
- (8) Youden, 1967, p. 18.
- (9) *Ibid*, pp. 26–27.
- (10) Dixon, W. J., and Massey, F. J., *Introduction to Statistical Analysis*, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, NY, 1957, Table 8e.
- (11) This table was adapted from *Techniques of Statistical Analysis*, Chapter 15 on "Significance of the Largest of a Set of Sample Estimate of Variance," Eisenhart, Churchill, Solomon, and Herbert.
- (12) This table was adapted from *Biometrika Tables for Statisticians*, Pearson, B. S., and Hartley, H. O., Vol I (2nd ed.), Cambridge, MA, 1958.
- (13) Mandel, *op cit*.
- (14) Neville, A. M., "The Relation Between Standard Deviation and Mean Strength of Concrete Test Cubes," *Magazine of Concrete Research*, Vol II, No. 32, July 1959.
- (15) Metcalf, J. B., "The Specification of Concrete Strength, Part II, The Distribution of Strength of Concrete for Structures in Current Practice," *RRL Report LR 3000*, Road Research Laboratory, Crawthorne, Berkshire, U. K., 1970.
- (16) Murdock, C. J., "The Control of Concrete Quality," *Proceedings of Institute of Civil Engineers*, Part I, Vol 2, No. 4, July

(17) Erntroy, H. C., "The Variation of Works Test Cubes," *Research Report 10*, Cement and Concrete Assn., London, November 1960.

(18) Rüsche, H., "Statistical Quality Control of Concrete," *Materialprüfung*, Vol 6, No. 11, 1964, pp. 387–394.

1953.

(17) Erntroy, H. C., "The Variation of Works Test Cubes," *Research Report 10*, Cement and Concrete Assn., London, November 1960.

(18) Rüsche, H., "Statistical Quality Control of Concrete," *Materialprüfung*, Vol 6, No. 11, 1964, pp. 387–394.

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this practice since the last issue, C802–09, that may impact the use of this practice. (Approved December 15, 2009)

(1) Revised a reference in 8.2 from Note 5 to Note 4.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this practice since the last issue, C802–96(2008)¹, that may impact the use of this practice. (Approved November 1, 2009)

(1) Revised Note 2.

RINGKASAN PERUBAHAN

Committee C09 telah mengidentifikasi lokasi perubahan pada tata cara ini sejak edisi terakhir, C802-09, yang dapat mempengaruhi penggunaan tata cara ini. (Disetujui 15 Desember 2009)

(1) Revisi Catatan 4 dan Catatan 5.

Committee C09 telah mengidentifikasi lokasi perubahan pada tata cara ini sejak edisi terakhir, C802-96 (2008)¹, yang dapat mempengaruhi penggunaan tata cara ini. (Disetujui November 1, 2009)

(1) Revisi Catatan 2.